

COLLABORAZIONE MAMBO

Responsabile Nazionale: RACHELE DI SALVO

Sezioni INFN partecipanti:

ROMA TOV (Responsabile Locale RACHELE DI SALVO)

LNF (Responsabile Locale PAOLO LEVI SANDRI)

MESSINA-CTDOT (Responsabile Locale GIORGIO GIARDINA)

PAVIA (Responsabile Locale PAOLO PEDRONI)

ISS-ROMA (Responsabile Locale FRANCESCO GHIO)

TORINO (Responsabile Locale GIANPIERO GERVINO)

Anagrafica MAMBO 2012

SEZIONE	NOME COGNOME	TIPO	RICERCATORI	TECNOLOGI	TOT. PERS.	FTE	FTE / PERS.		
 CT	Curciarello Francesca		X			100			
	De Leo Veronica		X			100			
	Giardina Giorgio		X			50			
	Mandaglio Giuseppe		X			100			
	Romaniuk Maria		X			100			
CT			4.5 fte	5 pers.	0 fte	pers.	5	4.5	0.900
SEZIONE	NOME COGNOME	TIPO	RICERCATORI	TECNOLOGI	TOT. PERS.	FTE	FTE / PERS.		
 ISS	Ghio Francesco		X			100			
	Girolami Bruno		X			0			
ISS			1 fte	2 pers.	0 fte	pers.	2	1.0	0,500
SEZIONE	NOME COGNOME	TIPO	RICERCATORI	TECNOLOGI	TOT. PERS.	FTE	FTE / PERS.		
 LNF	Babusci Danilo		X			30			
	Berucci Carolina		X			50			
	Levi Sandri Paolo		X			80			
LNF			1.6 fte	3 pers.	0 fte	pers.	3	1.6	0,533
SEZIONE	NOME COGNOME	TIPO	RICERCATORI	TECNOLOGI	TOT. PERS.	FTE	FTE / PERS.		
 PV	Braghieri Alessandro		X			50			
	Pedroni Paolo		X			100			
PV			1.5 fte	2 pers.	0 fte	pers.	2	1.5	0.750
SEZIONE	NOME COGNOME	TIPO	RICERCATORI	TECNOLOGI	TOT. PERS.	FTE	FTE / PERS.		
 RM2	Di Salvo Rachele Anna		X			70			
	Fantini Alessia		X			70			
	Messi Roberto		X			50			
	Moricciani Dario		X			30			
	Pietropaolo Antonino		X			50			
	Schaerf Carlo		X			0			
RM2			2.7 fte	6 pers.	0 fte	pers.	6	2.7	0.450
SEZIONE	NOME COGNOME	TIPO	RICERCATORI	TECNOLOGI	TOT. PERS.	FTE	FTE / PERS.		
 TO	Gervino Gianpiero		X			40			
	Lavagno Andrea		X			10			
	Scarfone Antonio Maria		X			50			
TO			1 fte	3 pers.	0 fte	pers.	3	1.0	0.333
TOTALE			12.3 FTE	21 PERS.	0 FTE	PERS.	21	12.3	0.586

MAMBO (MAMi-BOnn)

La sigla MAMBO si articola su due attività:

- **collaborazione con l'esperimento CB@MAMI (Mainz)**

presa dati e analisi

- **collaborazione con il progetto B1 (spettrometro magnetico in avanti) sulla beamline S di ELSA (Bonn)**

installazione, messa a punto apparato, presa dati e analisi

⇒ Nascita della **collaborazione BGO-OD (BGO-Open Dipole)**

LoI firmata e accettata dal PAC Mainz-Bonn 25-26 giugno 2009

MoU firmato 9 Marzo, 2010

Obiettivi di fisica:

- studio delle proprietà delle risonanze nucleoniche attraverso la fotoproduzione di mesoni pseudoscalari e vettori con fasci e/o bersagli polarizzati

R. Di Salvo - CSNIII - 19/03/12

MEMORANDUM OF UNDERSTANDING The BGO-OD Collaboration at ELSA

08/03/2010

Preamble

This Memorandum-of-Understanding constitutes the formal agreement of the signers upon the foundation and any further extension of the BGO-OD collaboration at the electron accelerator ELSA of the University of Bonn's Physikalisches Institut.

The aim of the collaboration is to investigate the subnuclear structure of matter through the measurement of photo-nuclear processes using the electron beam and/or secondary photon beams of the ELSA accelerator.

Basic components of the detection system are

- the BGO *Rugby Ball* calorimeter
- the *Open Dipole* forward spectrometer.

This memorandum of understanding (MOU) specifies:

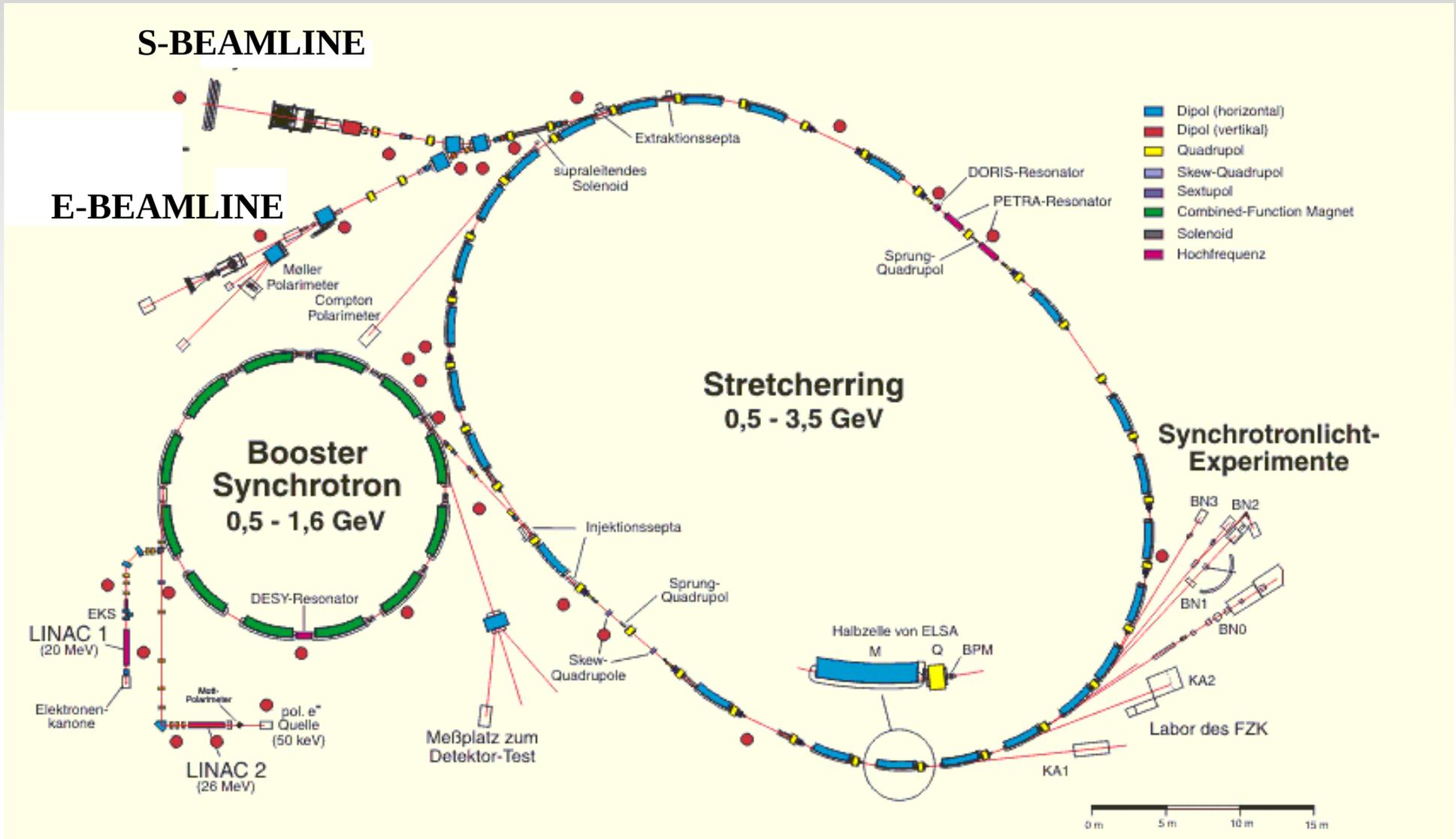
- the experimental setup
- the participating institutions and the collaborating members
- the rights and the obligations of the members
- the collaboration management
- the publication and presentation policy

of the BGO-OD collaboration. This agreement ends in January 2017 if not formally extended before.

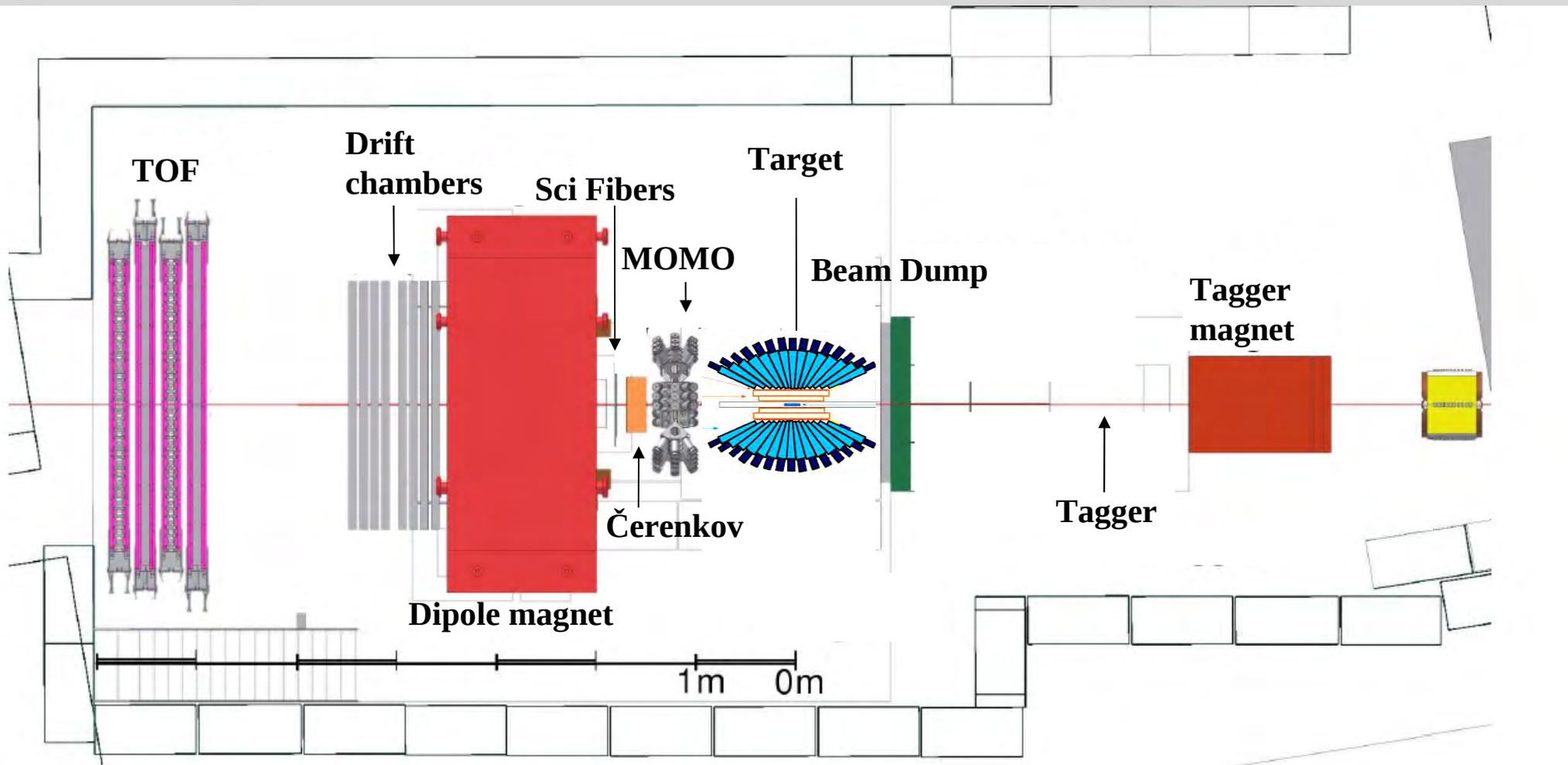
ATTIVITA' A BONN

R. Di Salvo - CSNIII - 19/03/12

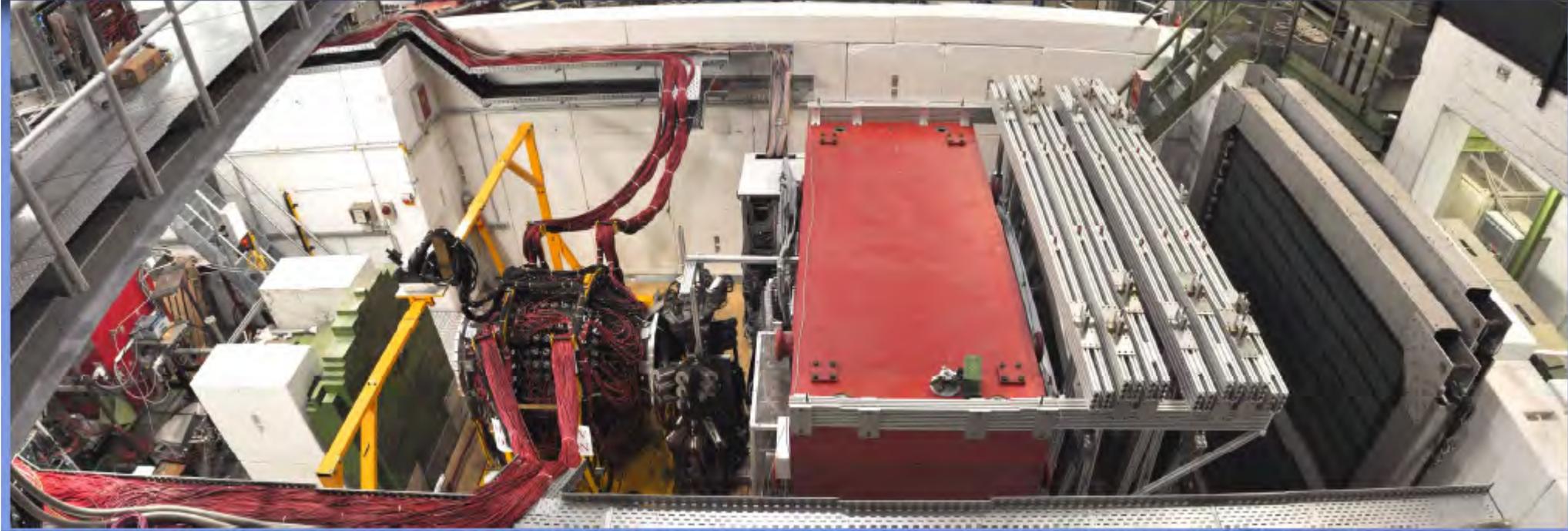
ELECTRON STRETCHER AND ACCELERATOR (ELSA)



BGO-OD (BGO-Open Dipole)



BGO-OD (BGO-Open Dipole)



R. Di Salvo - CSNIII - 19/03/12

SPETTROMETRO IN AVANTI B1

- **Rivelatore** di tracciamento a **fibre scintillanti** (rivelatore MOMO di COSY): 672 fibre del diametro di 2.5 mm, tre strati ruotati di 60° , ciascuno di 224 fibre circolari parallele di 2.5 mm di spessore. Risoluzione spaziale: 1.5 mm \Rightarrow **installato, funzionante**
- **Rivelatore Čerenkov** ad aerogel ($n \sim 1.05$) per la soppressione dei pioni (nella rivelazione dei K in un intervallo 600-1500 MeV/c) \Rightarrow **in studio**
- **Rivelatore** di tracciamento a **fibre scintillanti** (SciFi2): 640 fibre circolari scintillanti, due strati in x e due strati in y \Rightarrow **installato, funzionante**
- **Dipolo magnetico**
- **Drift chambers** per il tracciamento poste dopo il magnete: due set di quattro drift chambers a doppio strato, X, Y, U, V \Rightarrow **installato, funzionante**
- **Rivelatore di TOF**: quattro muri ($3 \times 3 \text{ m}^2$) di 14 barre di scintillatori plastici ($3000 \text{ mm} \times 200 \text{ mm} \times 50 \text{ mm}$) per uno spessore totale di 80 cm, e fogli di 2.5 mm di piombo intermezzati per aumentare l'efficienza di rivelazione per i fotoni) \Rightarrow **installato, a seguito dell'incendio i muri si sono ridotti a due**
- **Recoil polarimeter**: \Rightarrow **proposto**
- **Rivelatore MRPC**: per coprire la regione polare compresa tra 8° e 25° non coperta da altri rivelatori \Rightarrow **in costruzione (RM2)**

REGIONE CENTRALE – RESPONSABILITA' ITALIANA

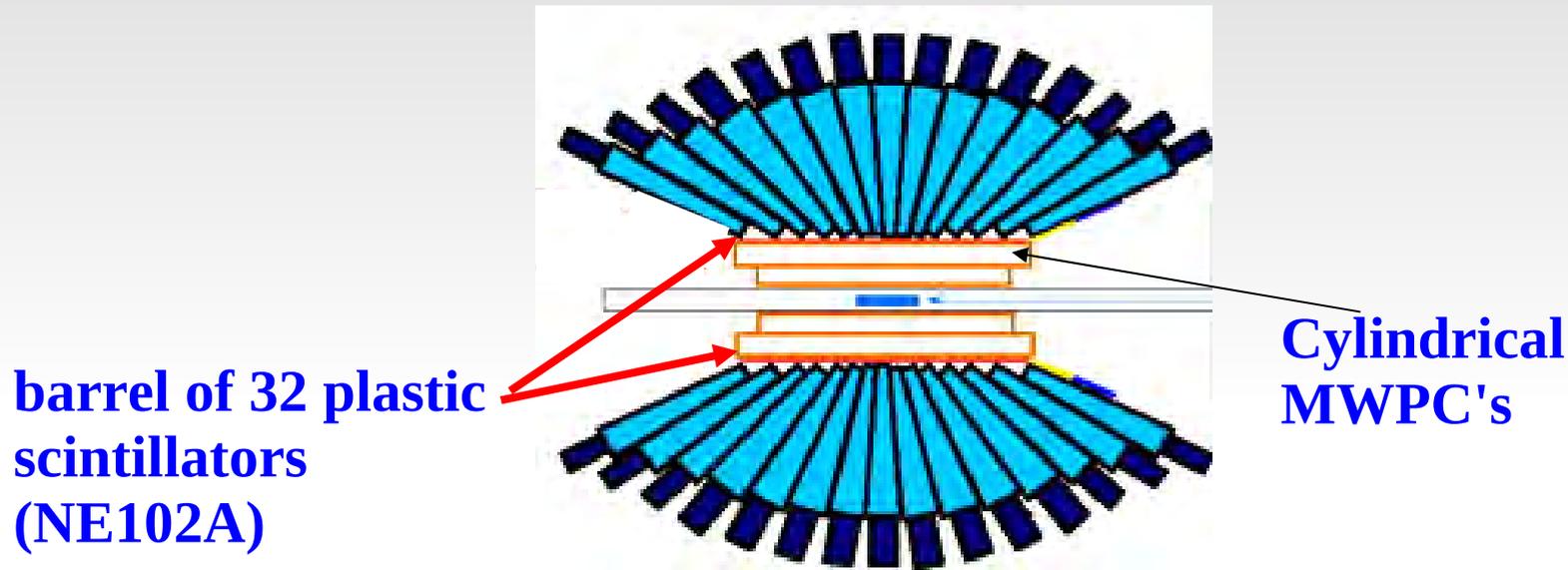
- **calorimetro e.m. di BGO** composto da 480 cristalli a geometria puntante verso il bersaglio (**RM2, ME**)
- **due MWPC coassiali:** piani di strisce catodiche avvolte elicoidalmente in direzioni opposte attorno all'asse del fascio) e un piano di fili anodici per il tracciamento delle particelle cariche \Rightarrow **in costruzione (PV, TO)**
- un **rivelatore cilindrico** di 32 barre di **scintillatori plastici (barrel)** disposte lungo l'asse del fascio: discriminazione carichi-neutri nella BGO e identificazione di pioni carichi e protoni (dE/dx vs. E_{BGO}) (**ISS, LNF**)
- **bersaglio di H2/D2 liquido:** cella di 6 o 11 cm di lunghezza (sistema di criostato, compressore, pannello di controllo, compressore) (**ME**)

RESPONSABILITÀ COLLABORAZIONE ITALIANA IN BGO-OD

- **BGO RUGBY BALL:** Strutture meccaniche, Installazione e Messa a punto del rivelatore, Elettronica, Calibrazione, Monitoraggio, Sistema di acquisizione, Trigger (RM2, INFN-LNF, ISS/RM)
- **RIVELATORE DI SCINTILLATORI PLASTICI (Barrel):** Installazione e Messa a punto del rivelatore, Elettronica, Calibrazione, Sistema di acquisizione (RM2, ISS/RM)
- **MWPC CILINDRICHE:** Costruzione del rivelatore, Elettronica, Sistema di acquisizione (PV,), Strutture di sostegno meccanico e movimentazione (RM2)
- **BERSAGLIO DI H₂/D₂ LIQUIDO:** Upgrade, Installazione e messa a punto, Monitoraggio e test (ME), Strutture di sostegno meccanico e movimentazione (RM2)
- **MRPC:** Costruzione del rivelatore, Elettronica, Sistema di acquisizione (RM2), Strutture di sostegno meccanico e movimentazione (LNF)
- **SIMULAZIONE:** Programmi software per BGO, Barrel, MWPC's (INFN-LNF, Università di Messina, INFN Pavia)

RIVELATORI CENTRALI

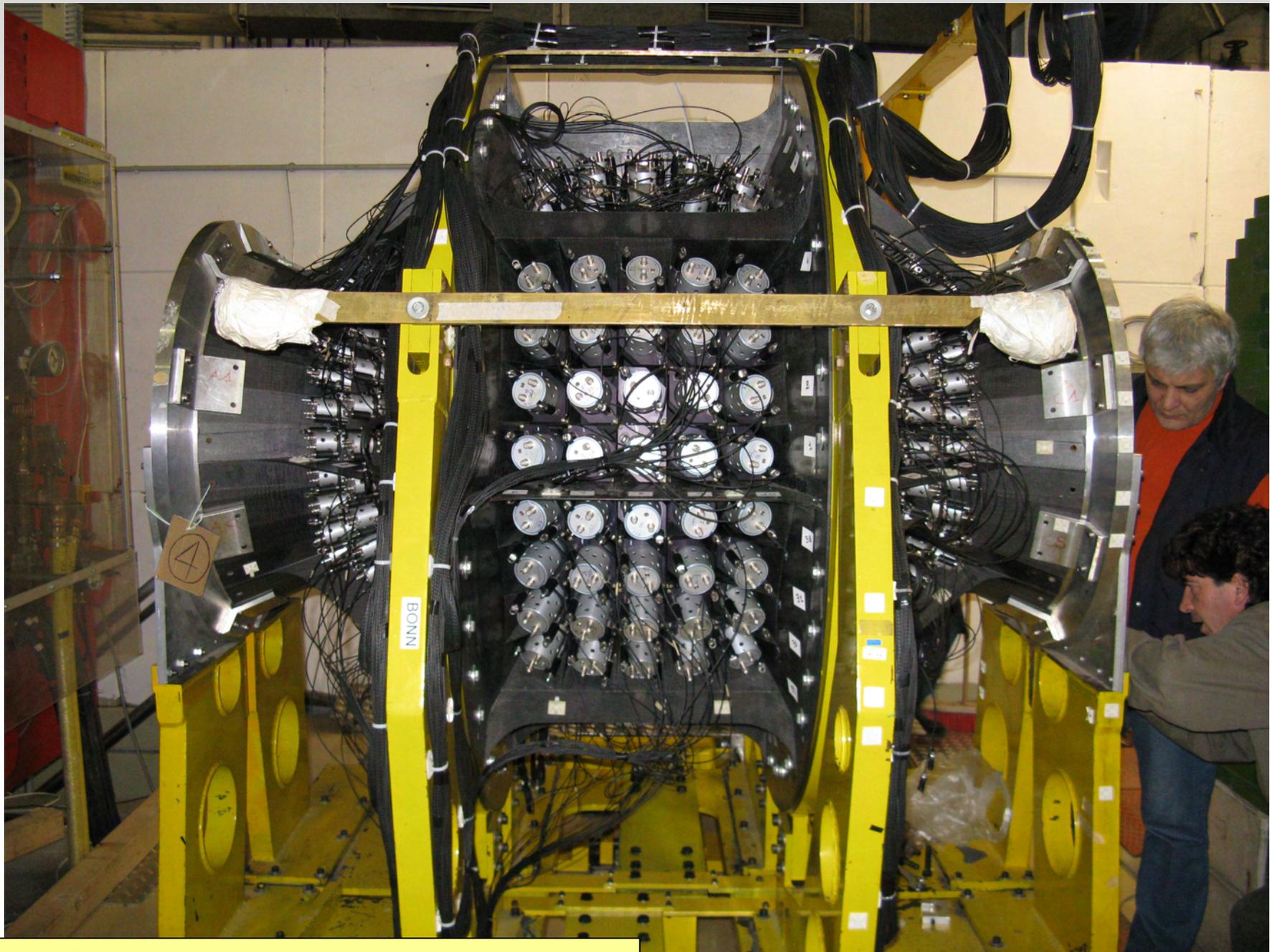
Calorimetro a grande angolo solido ottimizzato per la rivelazione di particelle neutre (fotoni e neutroni) e con una buona risposta anche per i protoni.



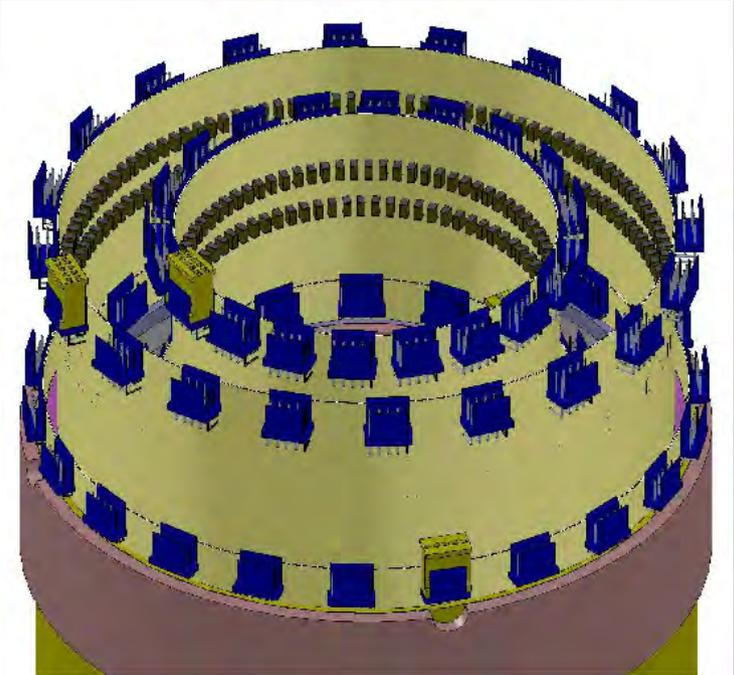
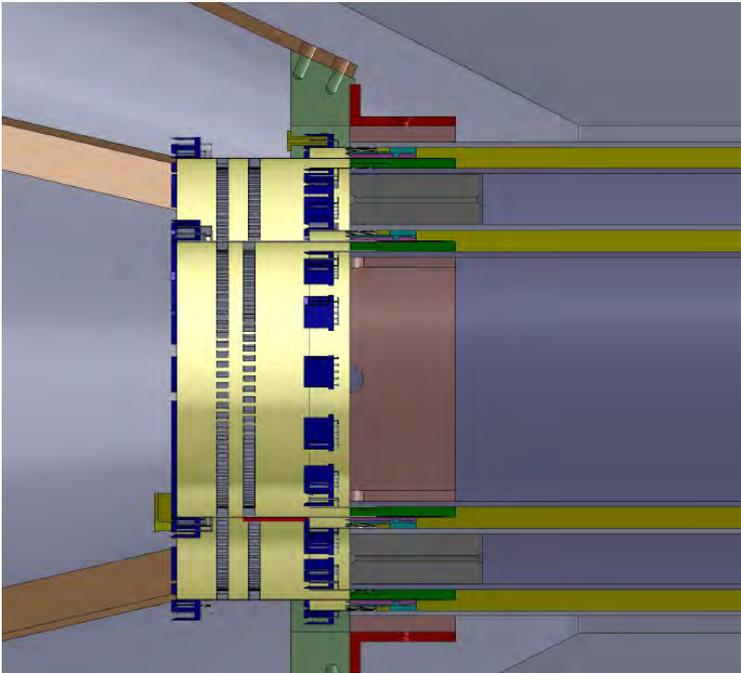
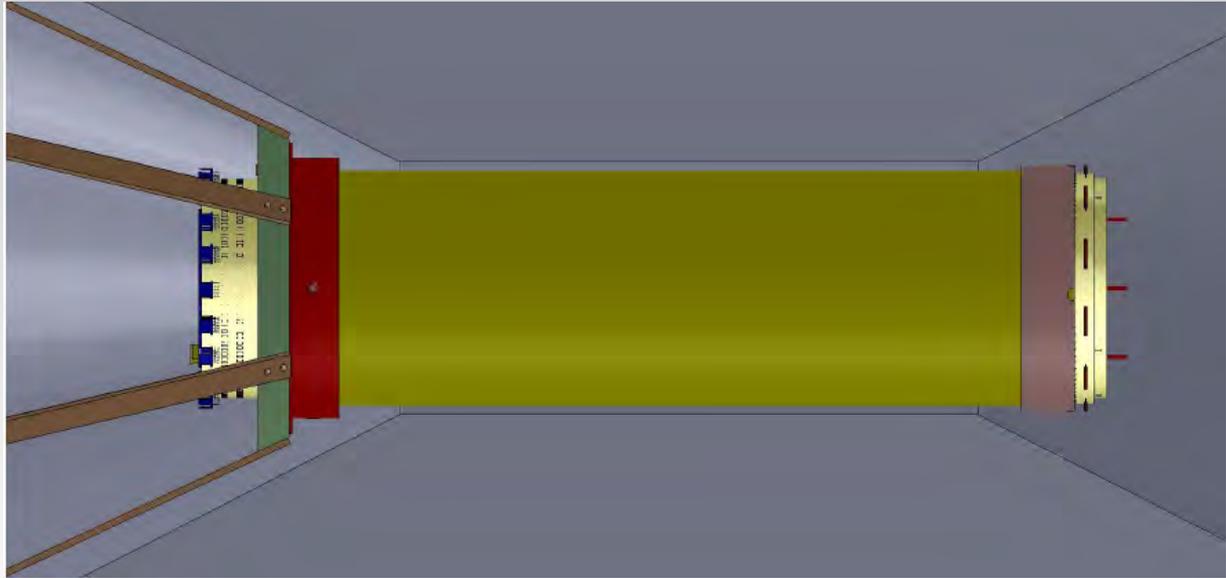
480 cristalli (15 in ϑ e 32 in φ) divisi in **24 cestelli** di fibra di Carbonio

Ciascun cristallo ha una lunghezza di 24 cm (corrispondenti a 21 r.l.), è avvolto in un sottile foglio di mylar alluminato riflettente ed è accoppiato otticamente ad un PM.

Calorimetro di BGO con i cristalli inseriti



Gianni Nobili- Stefano Colilli-Maurizio Lucentini



R. Di Salvo - CSNIII - 19/03/12

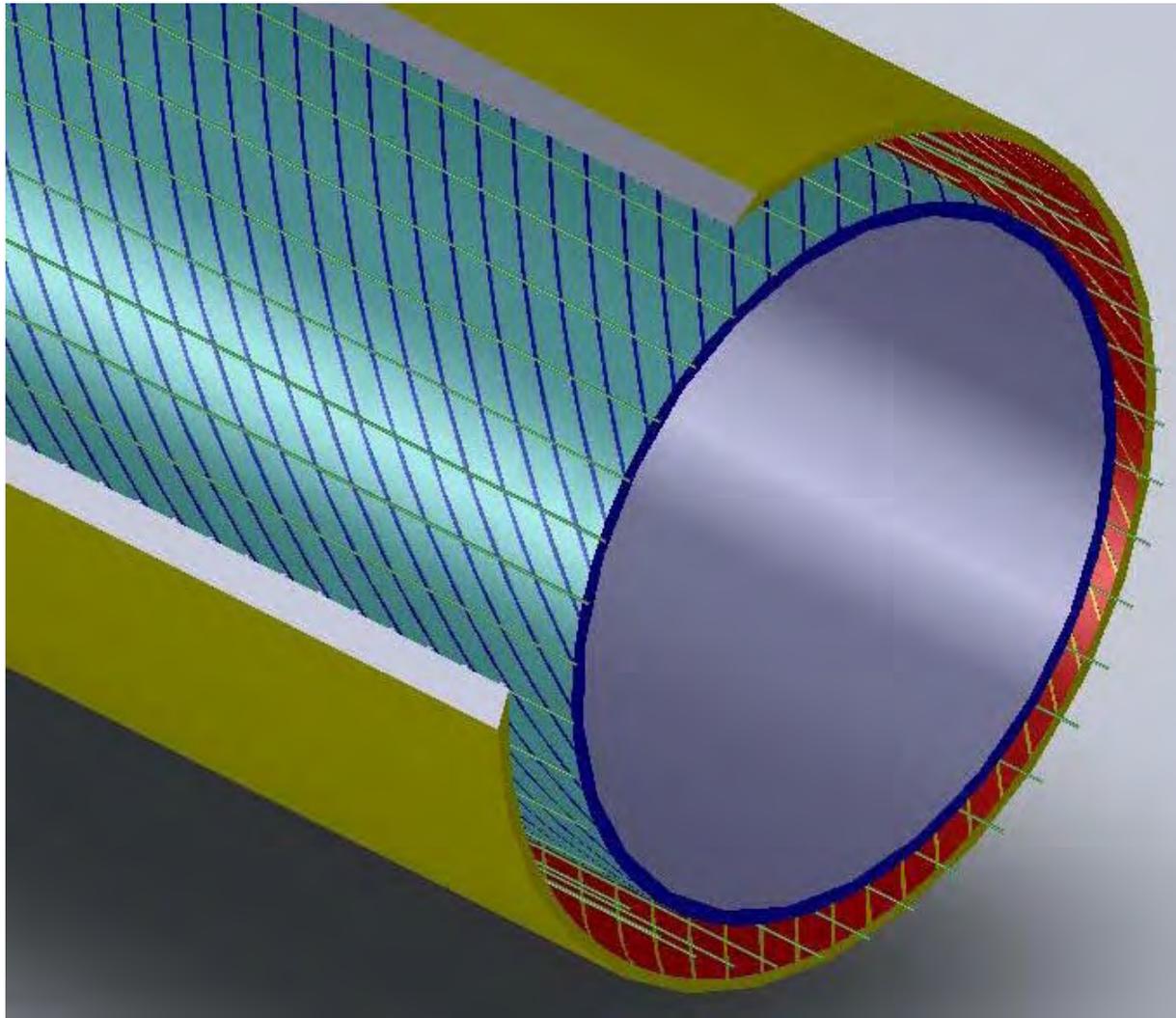


Geometrical parameters

Wire diameter = 20 μm / pitch= 2mm

Double gas-gap: 4 mm

Strip width = 4.5 mm / relative angle 45°



Expected resolutions

$$\Delta\phi = 2^\circ$$

$$\Delta z = 300 \mu\text{m}$$

$$\Delta\theta = 1^\circ$$

Numb. of channels

Wires=416

Strips=272

DETECTOR

Cathodes with
PCBs ready



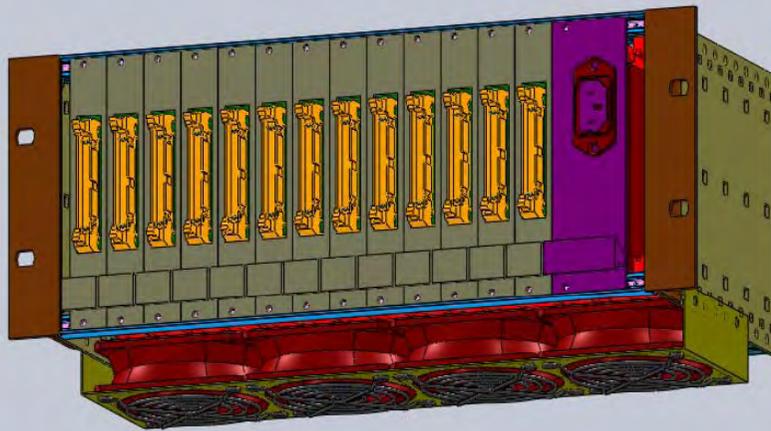
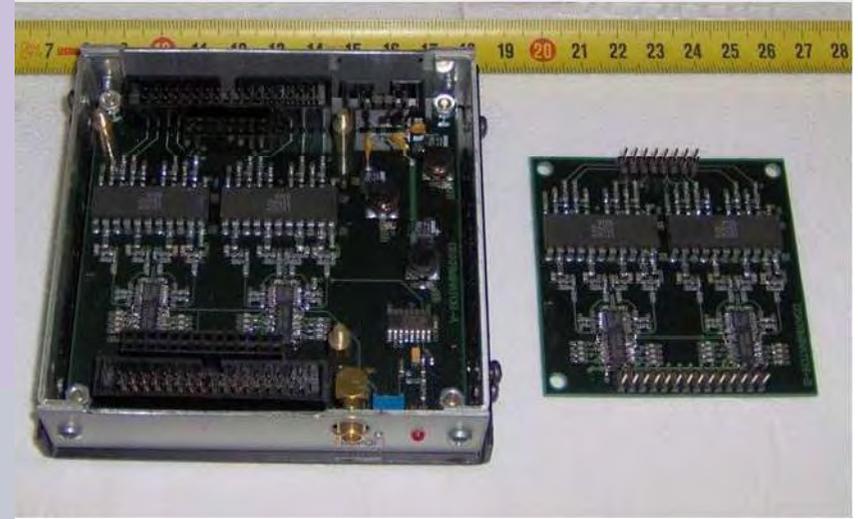
**Components and
wire array to
be soldered**



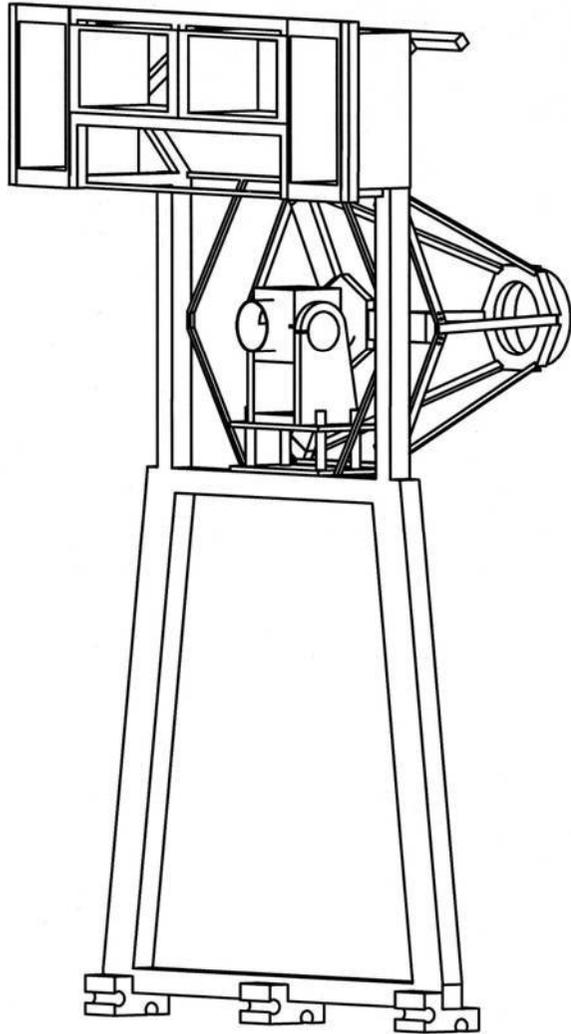


FEE

- First Russian prototypes delivered and tested
- Modification required



- Pavia home made crate and Power Supply
- Waiting for board modification to start



Mechanics

- Project has been completed by INFN-Rome
- Ready to start

GAS mixer

- A 3 gas mixer by TESS-COM available
- Waiting for money from INFN

Test of S-ADC

March 2012

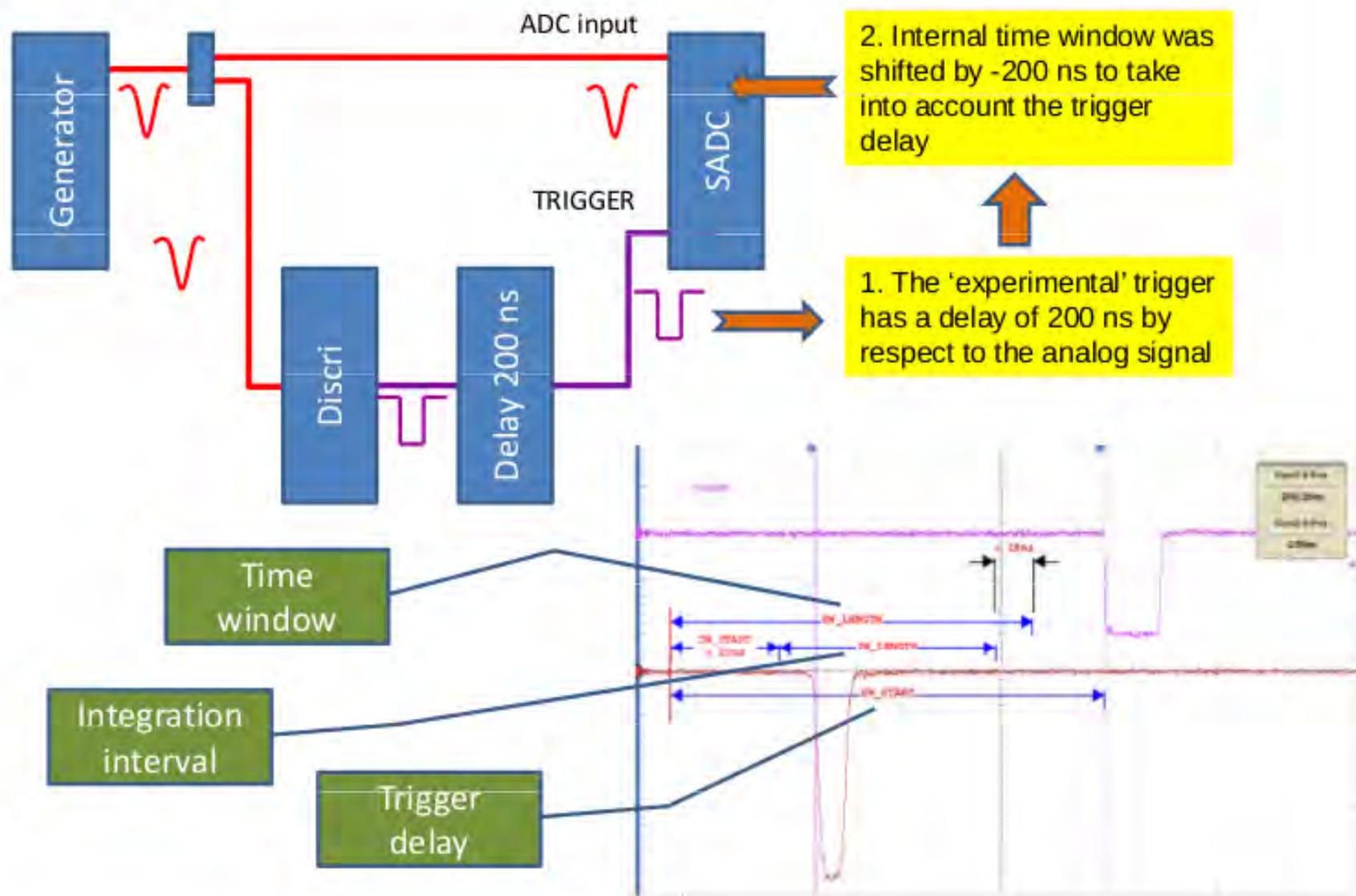
The first Wiener AVM16 SADC with ECL input connector was delivered in January. Some tests have been started using a National Instruments VXI –MXI-2 interface for DAQ. Signals provided by a generator have been used.

The module readout can be triggered by an external signal (external trigger mode) or can be self-triggered (internal trigger mode).

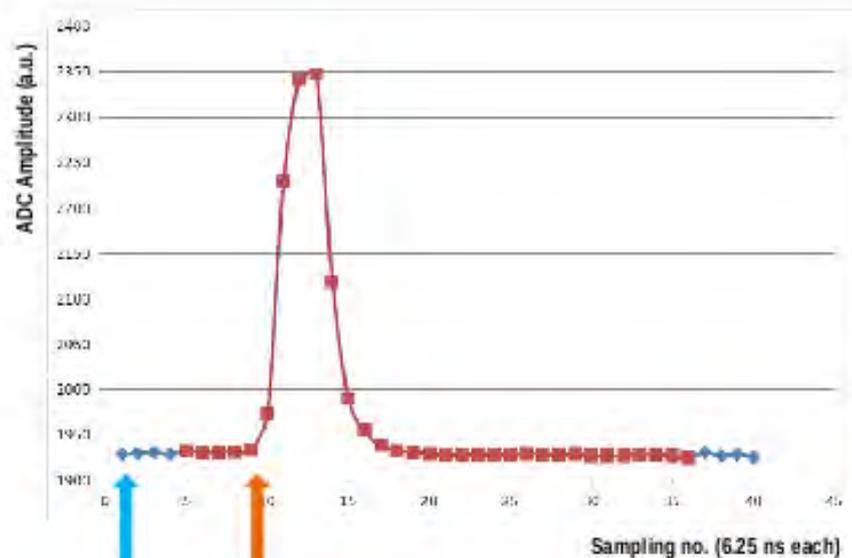
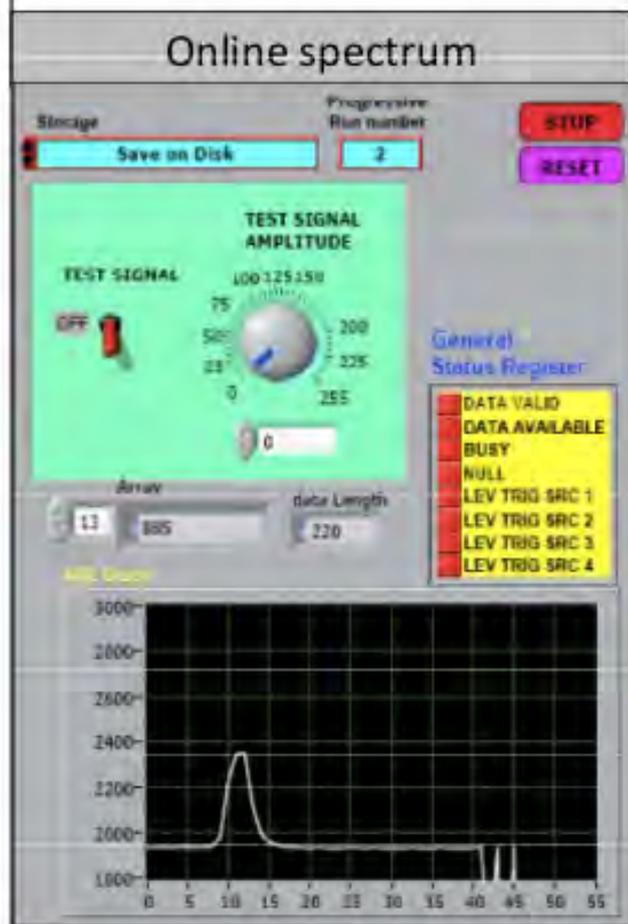
Both the modes have been tested. The timing between the trigger and the digitalized signals has been measured.

- **External trigger:** is provided by the generator and delayed by an adjustable value to simulate the experimental trigger latency.
- **Internal trigger:** is provided by the module when one of the 16 input signals overcomes a programmable trigger threshold.

Readout test chain: external trigger configuration



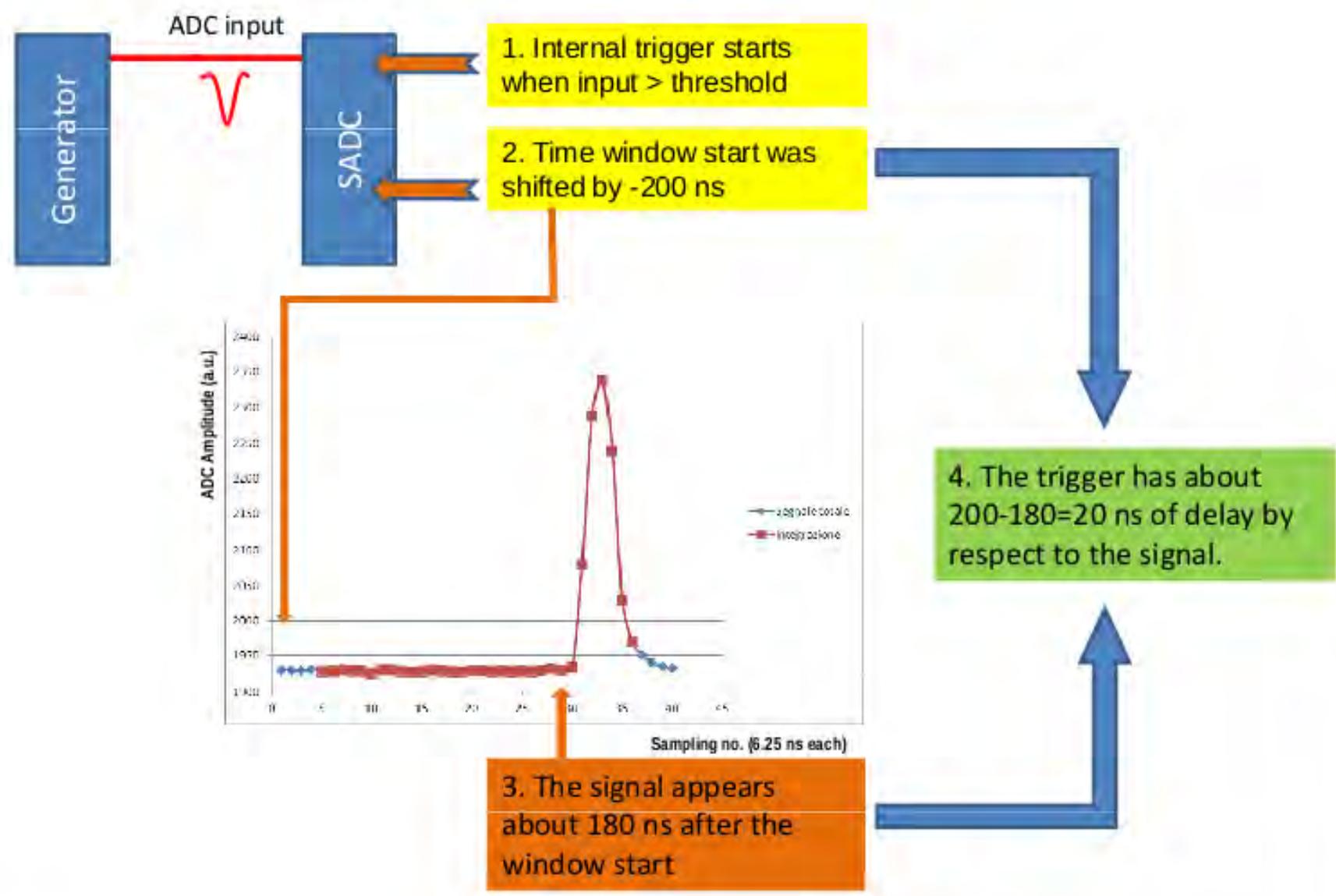
Timing measurement with external trigger



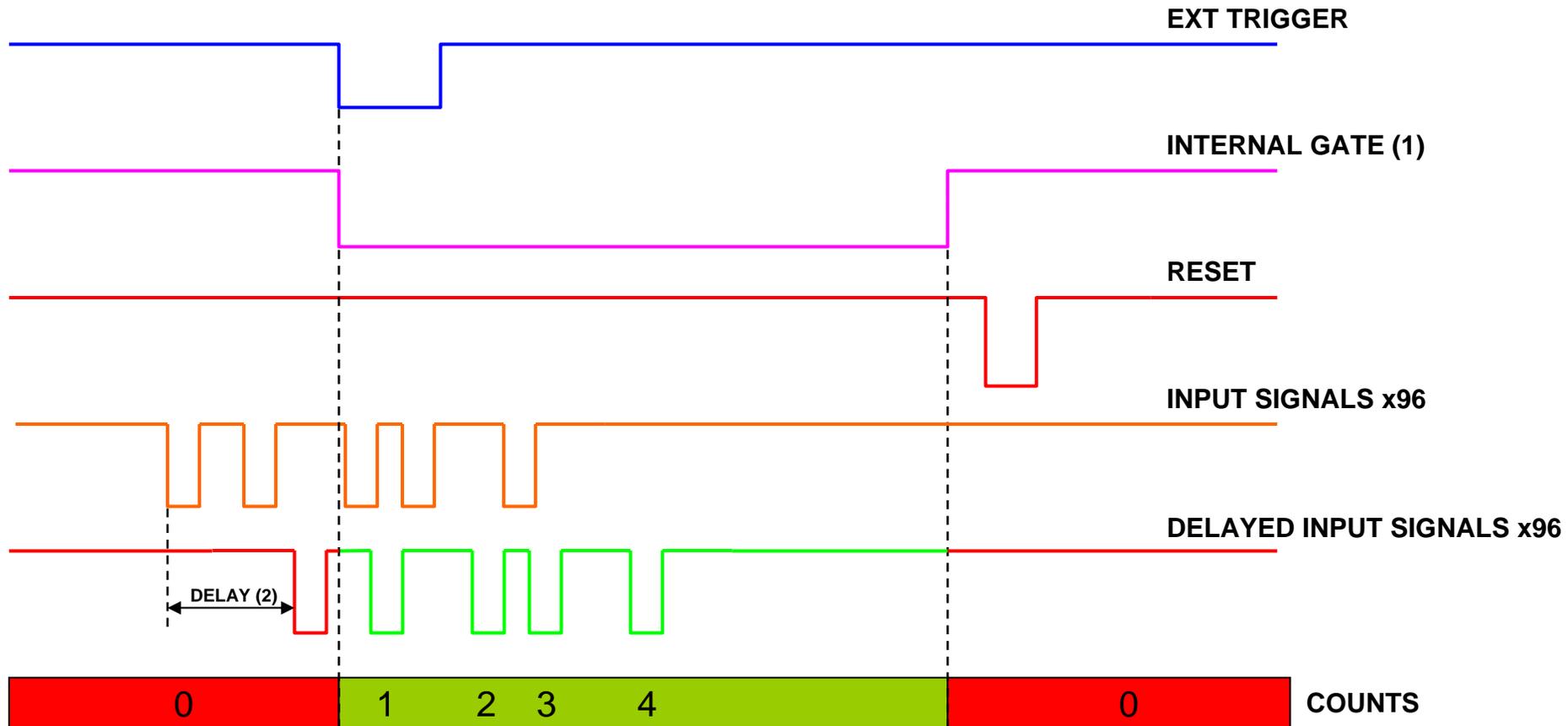
t_0 : trigger (corrected by delay)

The signal appears about 50 ns after the trigger. This is the intrinsic ADC delay

Readout test chain: internal trigger configuration

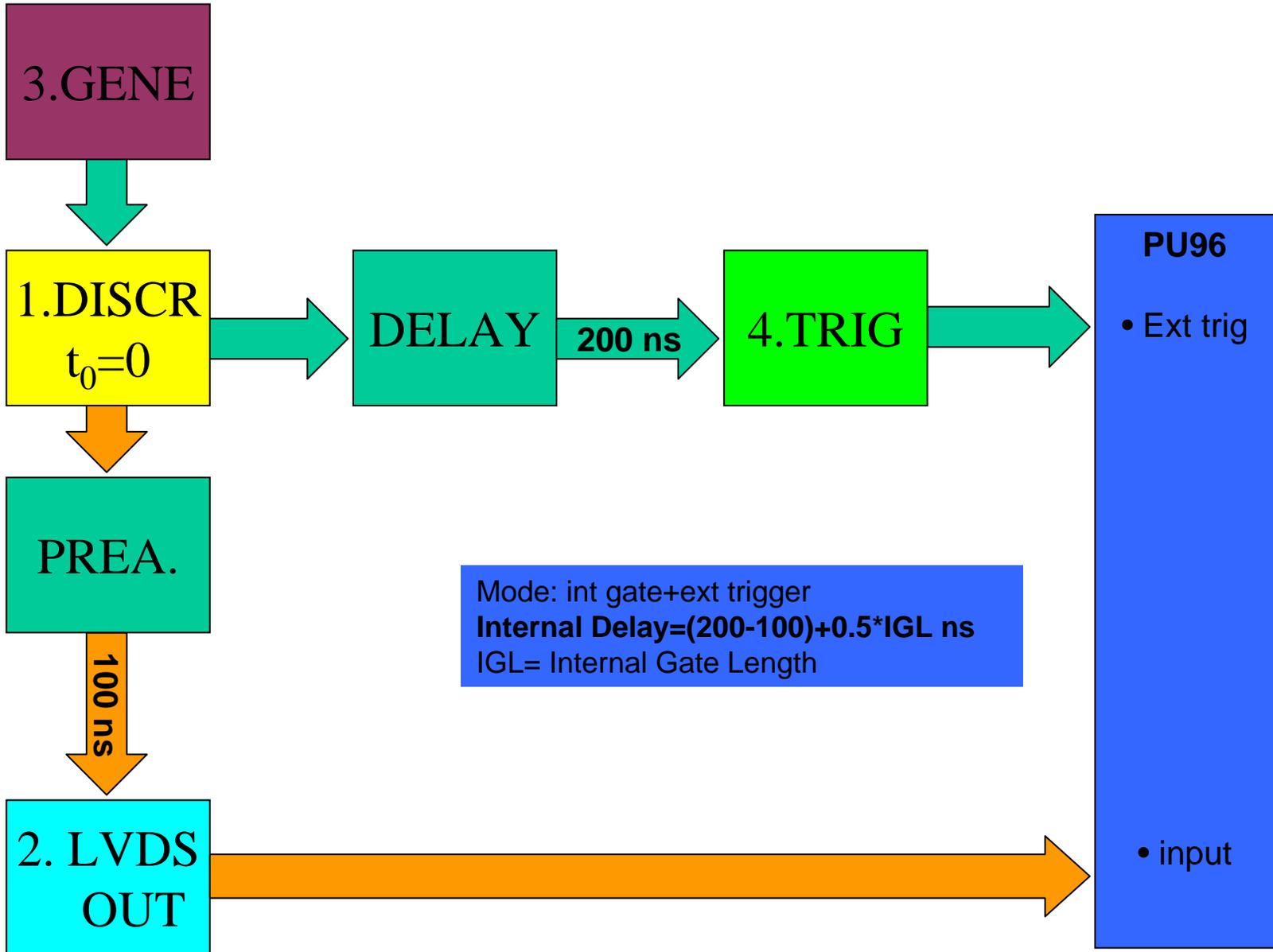


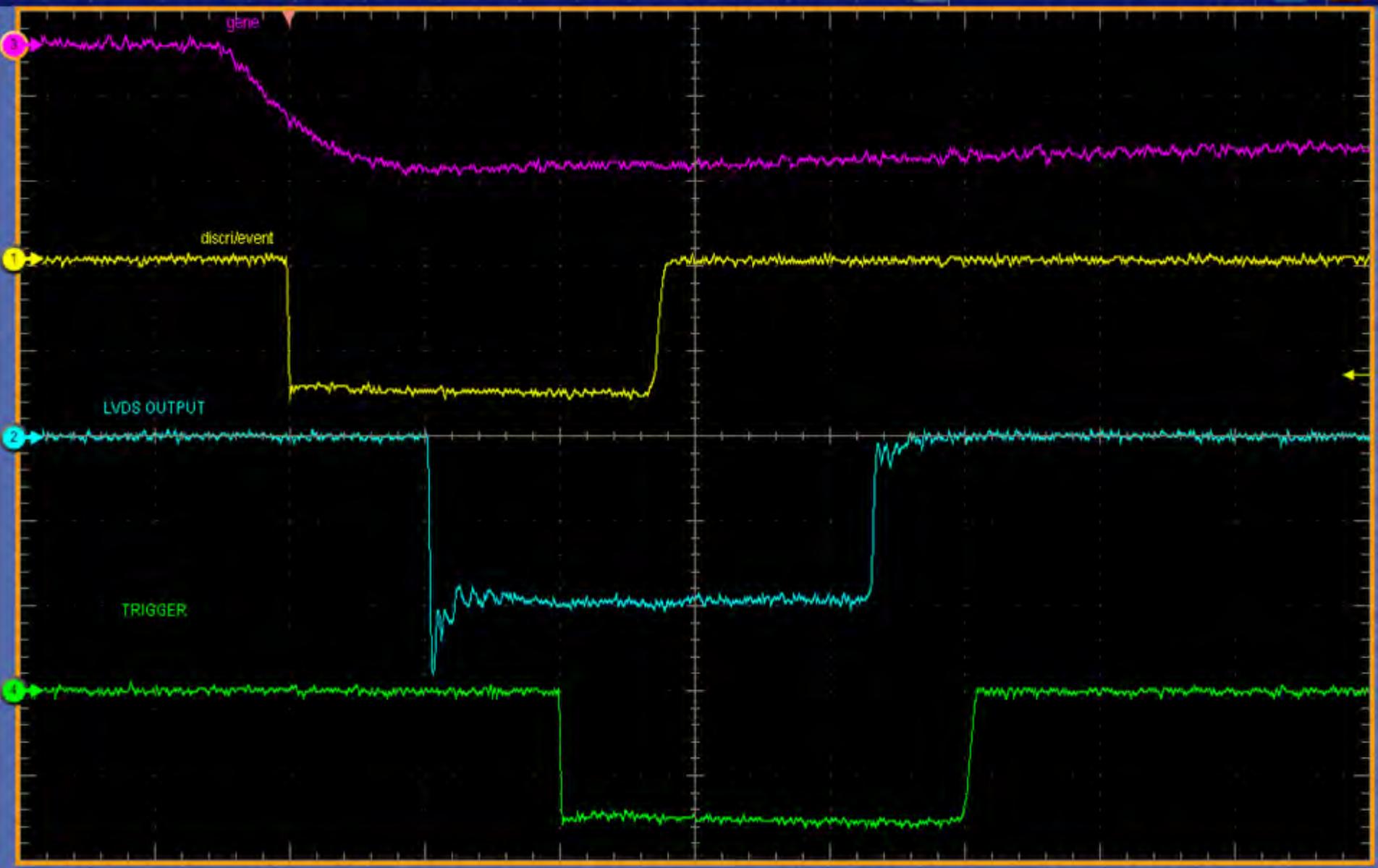
Timing diagramme of PU96



- (1) Programmable 0-42.9 s
- (2) Programmable 0-5.12 μ s

TEST CHAIN





C1	500mV/div	50Ω	B _W :1.0G
C2	200mV/div	∞	B _W :500M
C3	90.0mV/div	50Ω	B _W :1.0G
C4	500mV/div	50Ω	B _W :1.0G

A1 C1 \ -680mV

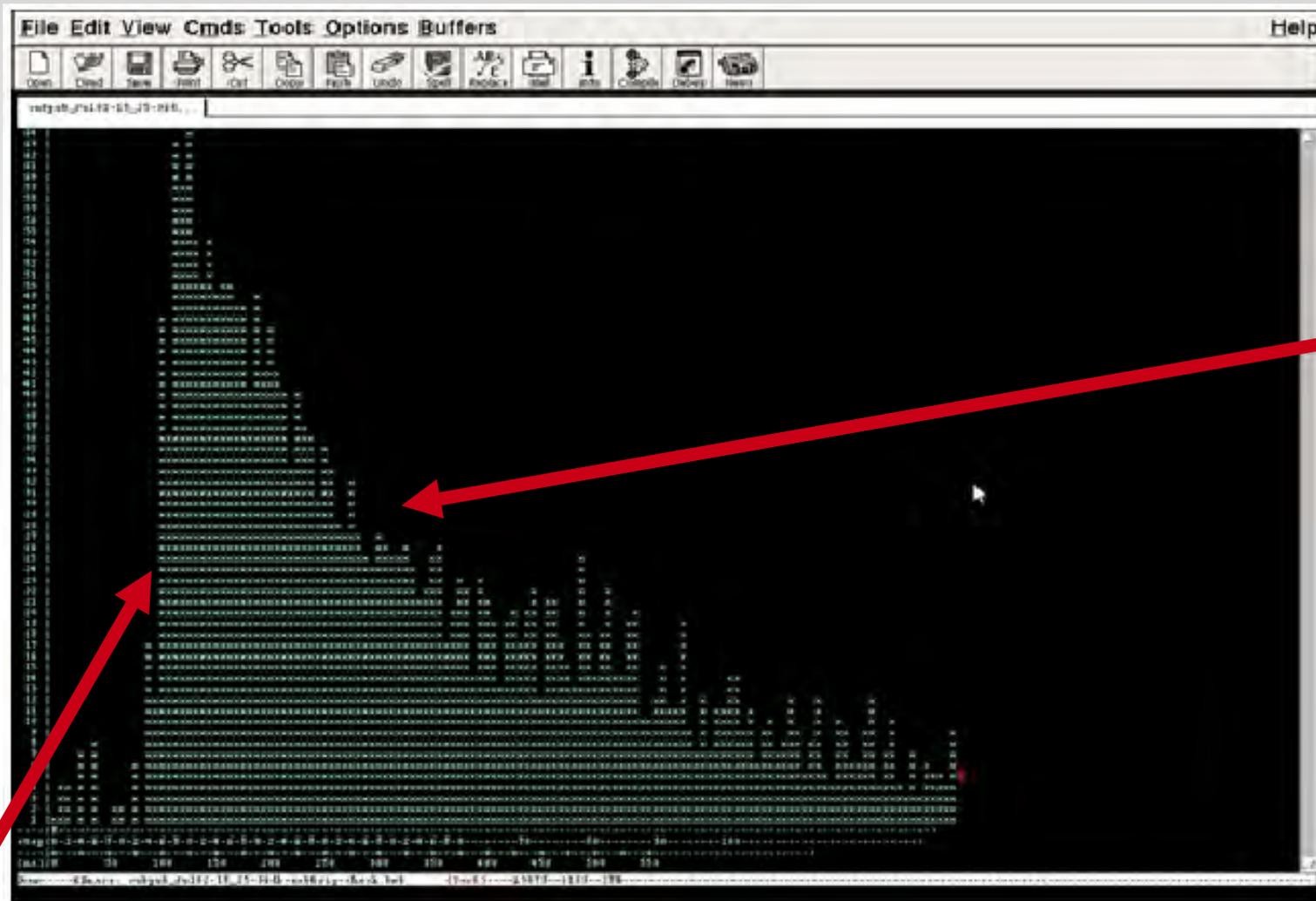
100ns 1,000.0MS/s 1.0ns/pt
 Run Sample
 924 acqs RL:1.0k
 Auto May 05, 2011 15:52:44

BEAM TESTS A BONN

R. Di Salvo - CSNIII - 19/03/12

BEAM TESTS A BONN

- **25 Gen. - 1 Feb. 2010:** 16 canali acquisiti (1 ADC disponibile)
 - test di elettronica, acquisizione, calibrazione
- **28-29 Apr. 2010, 24-25 Sett. 2010:** 32 canali acquisiti con elettronica FERA (divisi in due gruppi da 16)
 - test di elettronica, acquisizione, estrazione del primo spettro di massa invariante
- **11-15 Aprile 2011:** 48 canali acquisiti (3 ADC disponibili, divisi in due gruppi da 24)
 - test di sincronizzazione ADC, inserimento nell'acquisizione generale
- **30 Maggio-5 Giugno 2011:** 64 canali acquisiti (divisi in due gruppi da 32, 4 ADC disponibili)
 - test di sincronizzazione ADC, test di acquisizione generale, analisi risposta in energia e tempo, parziale mappatura della risposta al campo magnetico
- **22 Giugno 2011:** Incendio → Stop per circa 6 mesi
- **12-19 Dic. 2011:** Test con un cristallo modificato con guida di luce e shielding nel campo magnetico disperso del dipolo ($50-100\text{G} = 5-10\text{ mT}$)
- **27 Feb.-5 Marzo 2012:** 480 canali acquisiti (30 ADC disponibili, 2 crate, 2 processori)
 - test di sincronizzazione su 15+15 moduli, calibrazione, risposta in energia e tempo, mappatura della risposta al campo magnetico, preliminari spettri di massa invariante di due cluster nella BGO



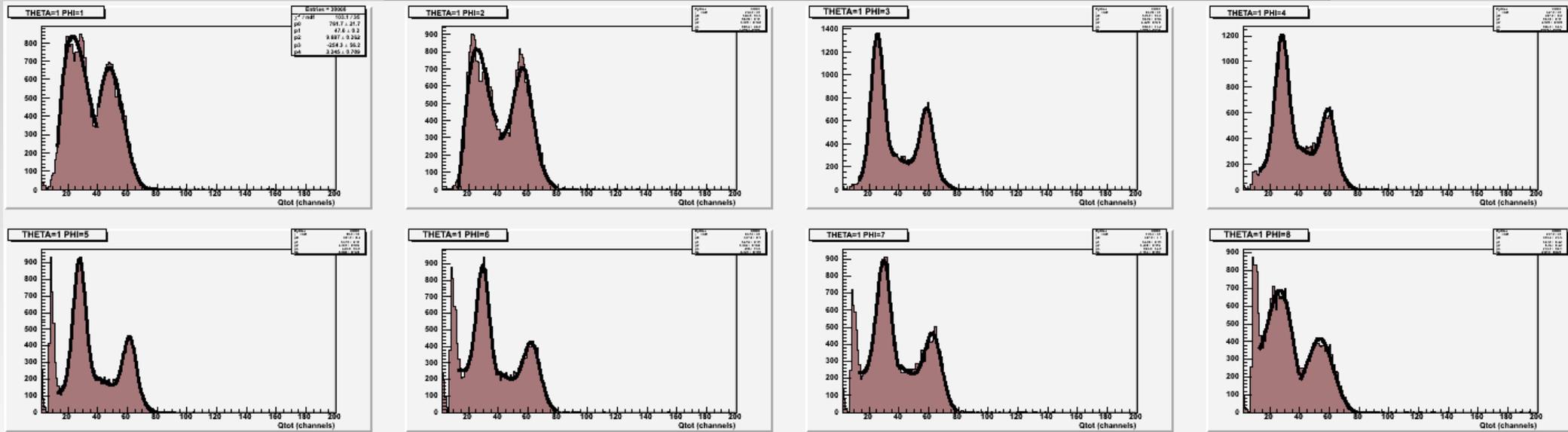
Decay time \approx
300 ns

Tempo di salita
veloce \approx 20 ns

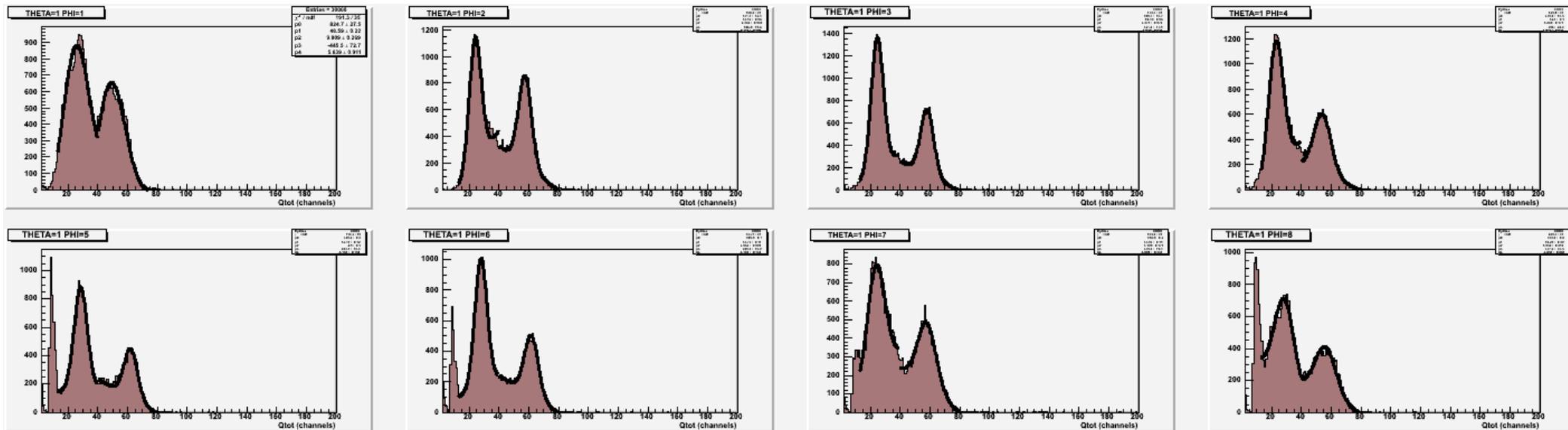
Segnale campionato di un cristallo di BGO in
una finestra di 600 ns

R. Di Salvo - CSNIII - 19/03/12

01 March 2012: No field – Beginning of data taking



05 March 2012: No field – End of data taking



R. Di Salvo - CSNIII - 19/03/12

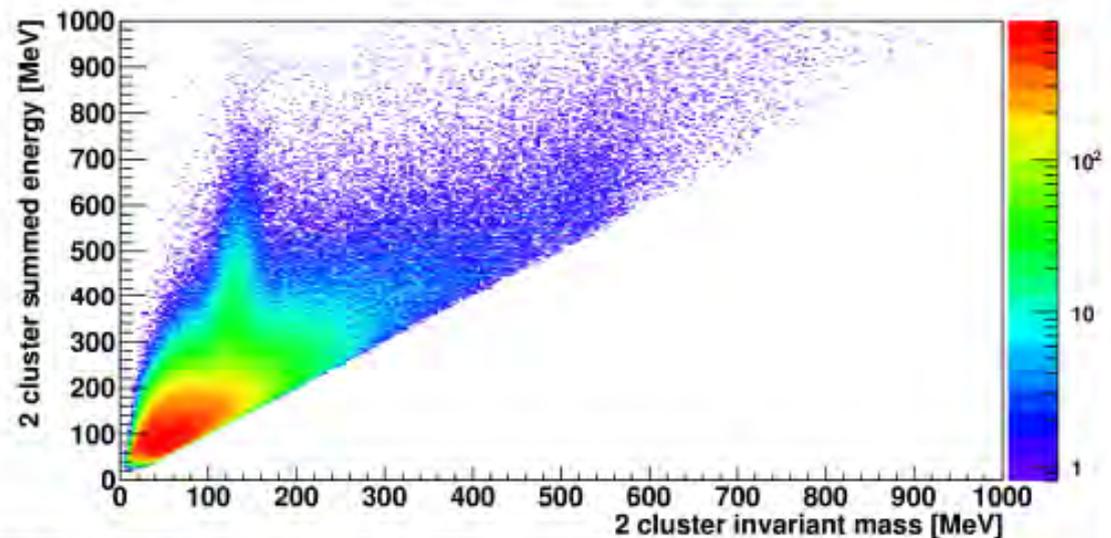
Francesca Curciarello – Veronica De Leo – Rachele Di Salvo – Alessia Fantini

Reconstruction of π^0 and η masses

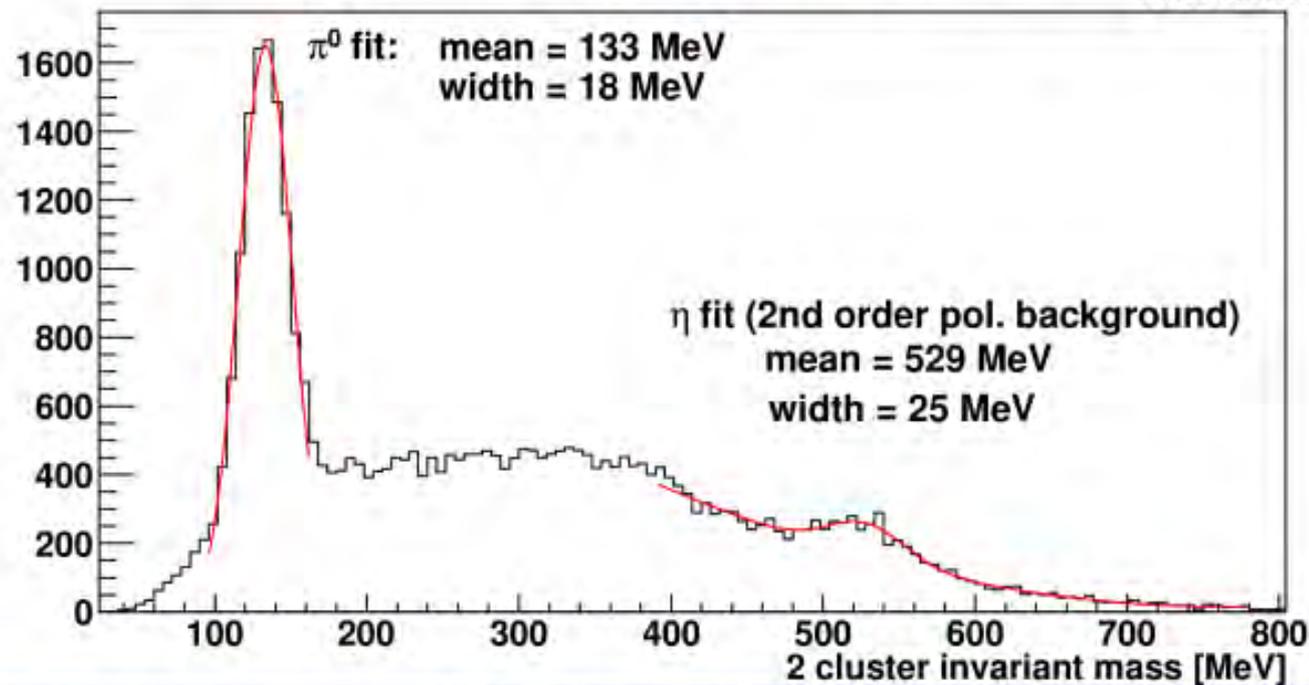
Each cluster contains at least 3 crystals (reject protons – no charged particle ID)

Summed energy of clusters > 400 MeV

Cut on t.o.f BGO



Runs:
6839,
6340,
6841,
6857,
6873,
6877,
6881,
6886,
6888,
6890



Identification of the proton in the BGO

Identify 3 clusters in the BGO

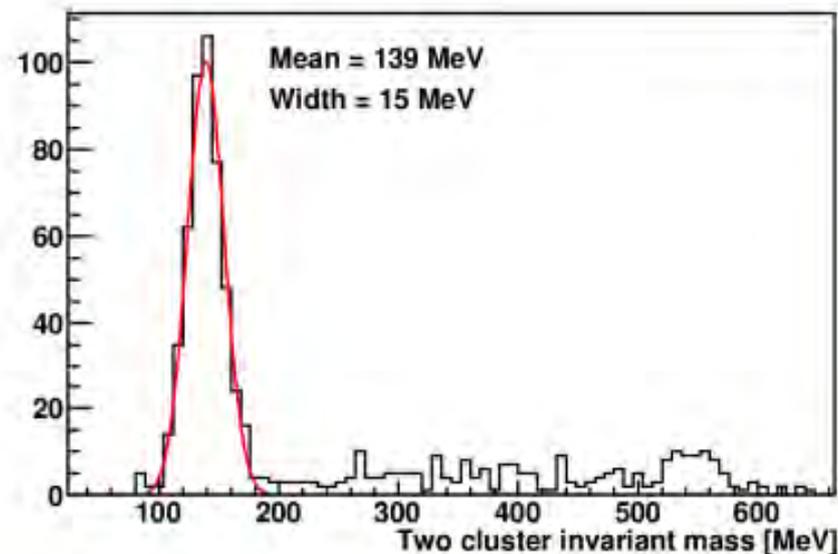
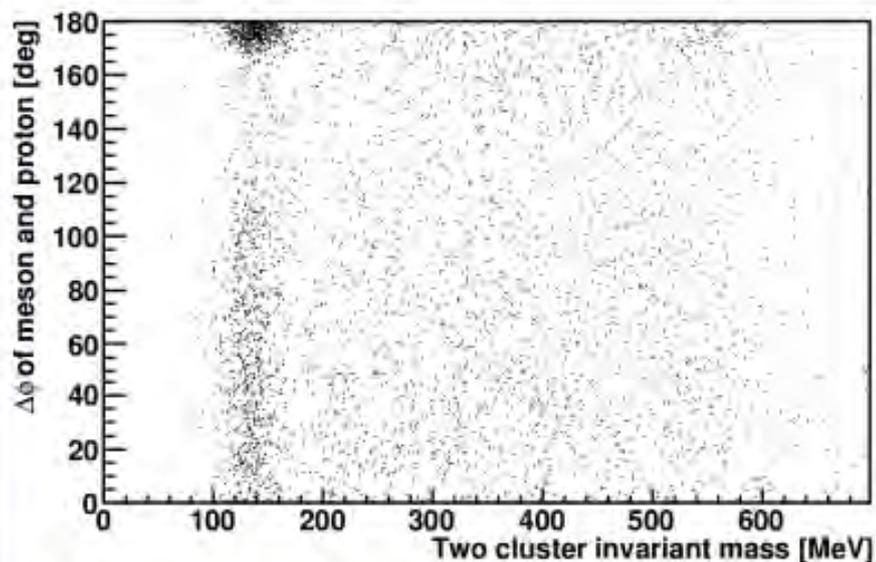
2 clusters with at least 3 crystals (π^0 decay photons)

1 cluster with less than 3 crystals (proton)

Select events where reconstructed proton and π^0 are back to back in azimuthal angle

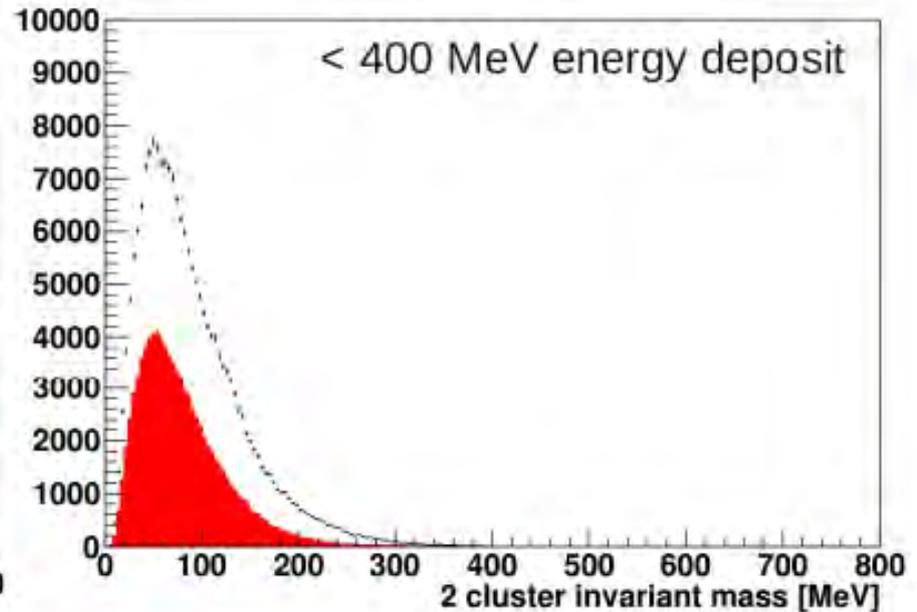
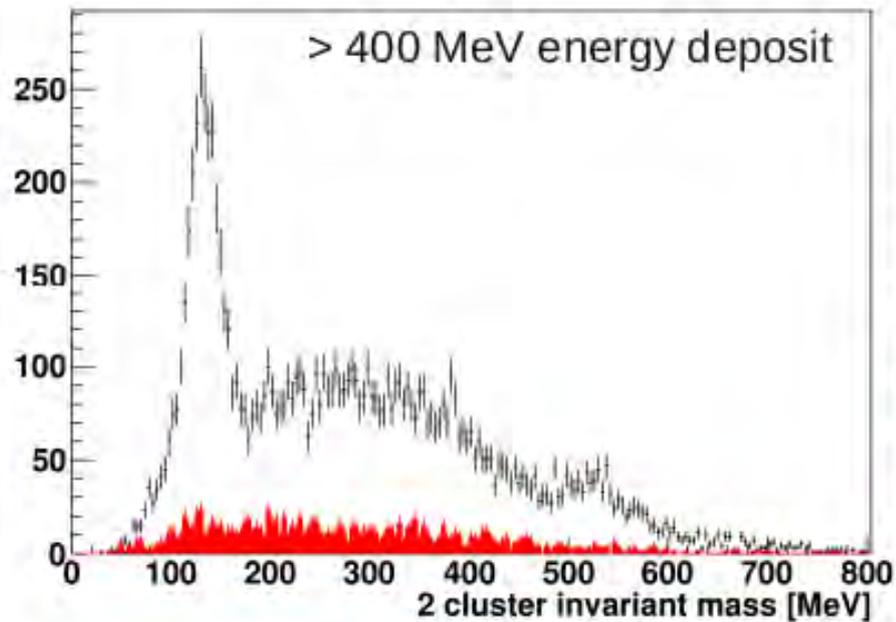
Require p0 cluster energy > 400 MeV

Cut on t.o.f BGO



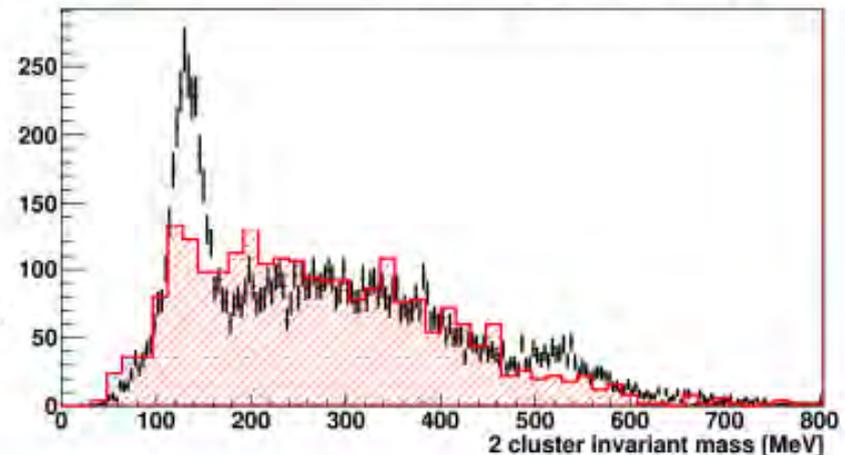
Comparison with empty target data

Black points, full target (run 6873), red shaded points, empty target (6833)



Approximately the same amount of events in Full and empty target runs

Scaled empty target by eye:

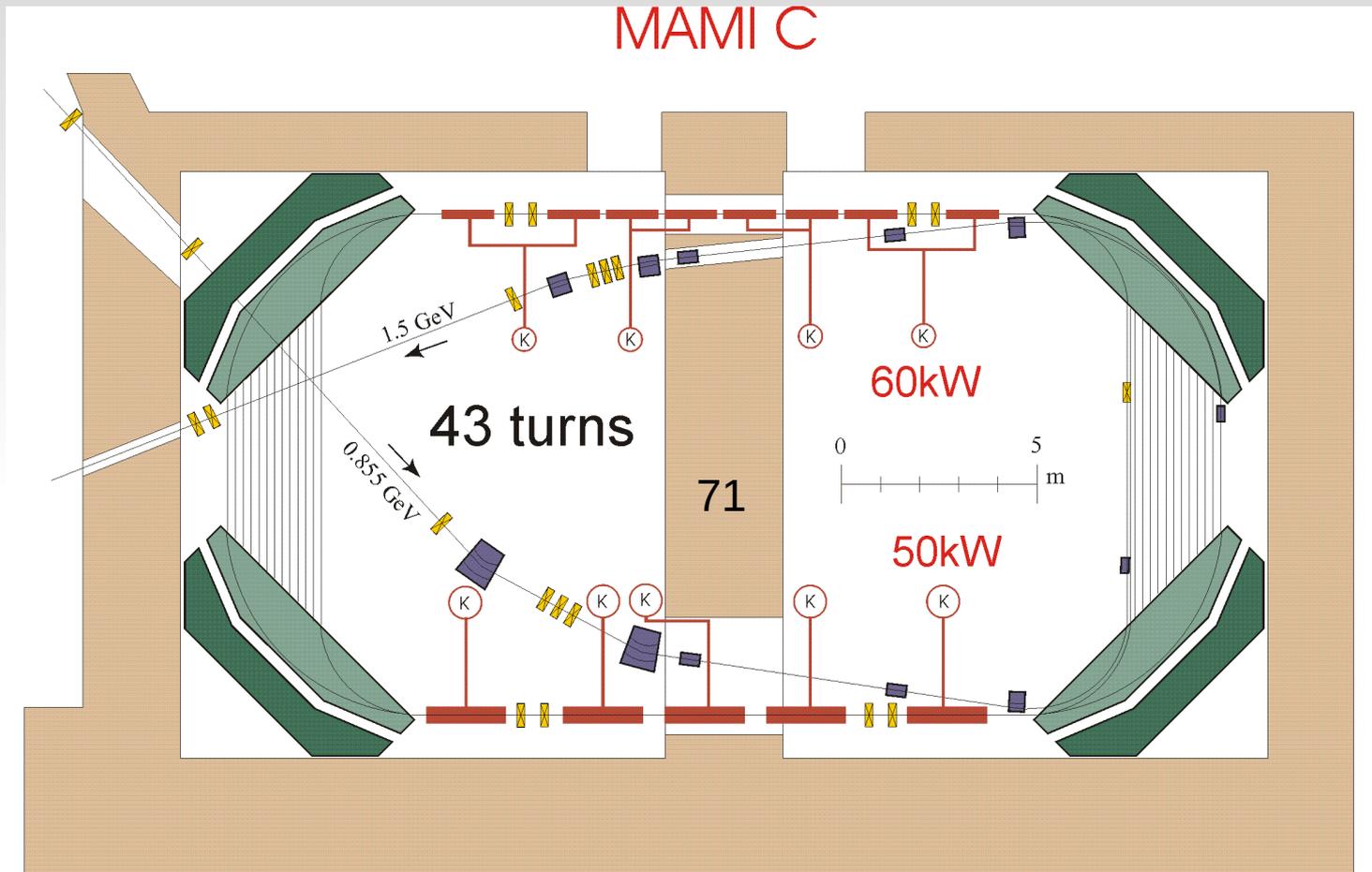


ATTIVITA' A MAINZ

R. Di Salvo - CSNIII - 19/03/12

PROGRAMMA DI COLLABORAZIONE IN A2 @ MAMI

- L' esperimento CTT, di cui fanno parte i collaboratori di PV, è installato presso l'acceleratore di MAMI a Mainz. L'energia del fascio è: $E_\gamma = 0.8-1.5$ GeV



- 1) "Recoil nucleon polarimetry observables in meson photoproduction at MAMI" (P. Pedroni)
- 2) "Helicity dependence of meson photoproduction on the proton" (A. Braghieri)
- 3) "Helicity dependence of single and double pion photoproduction on processes and the GDH integral on the neutron" (P. Pedroni)

4 π Photon Spectrometer @ MAMI

TAPS:

510 BaF₂-detectors
maximum kin. Energy

π^\pm : 180 MeV

K^\pm : 280 MeV

p : 360 MeV

Crystal Ball:

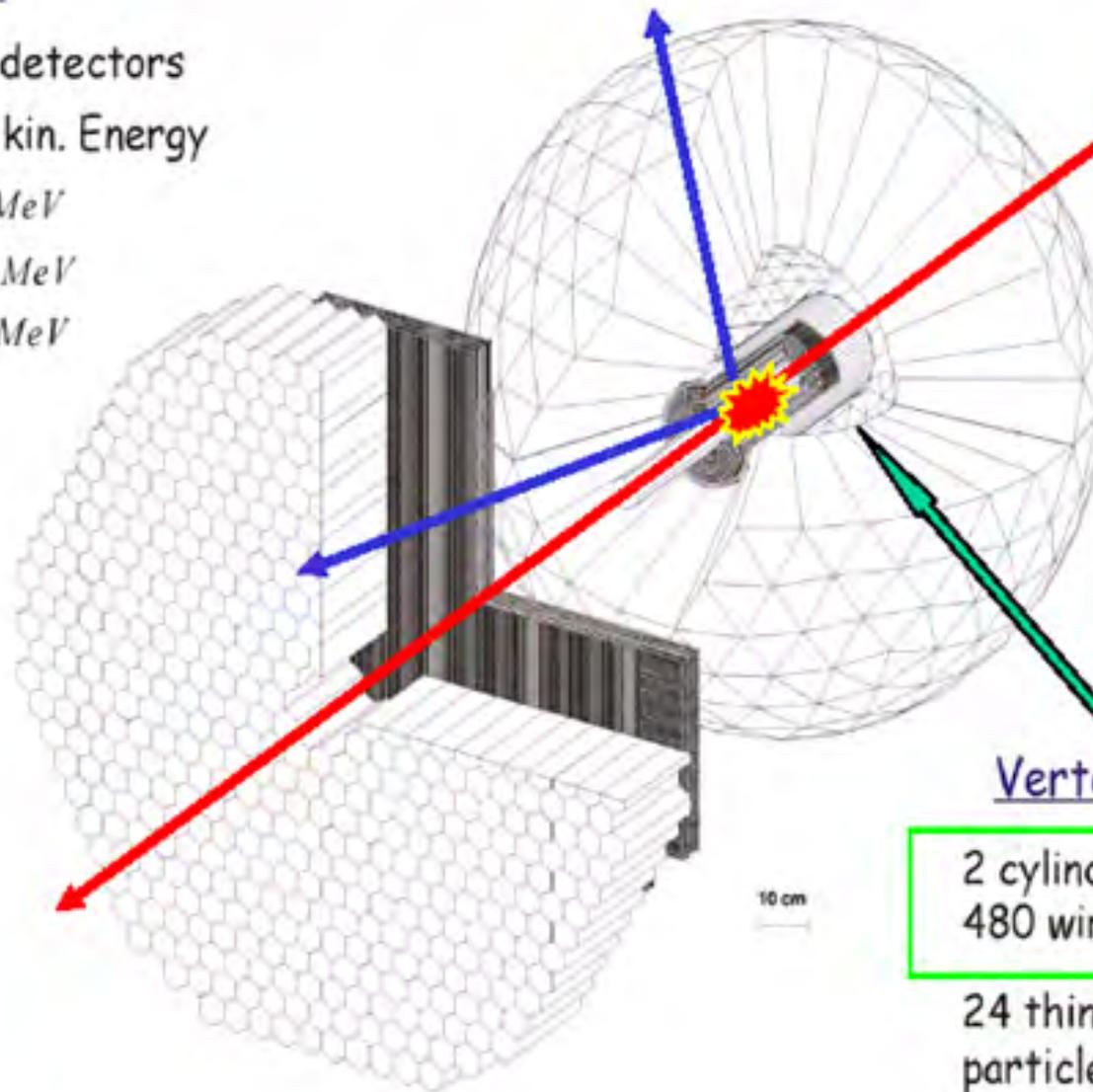
672 NaI-detectors
maximum kin. energy

μ^\pm : 233 MeV

π^\pm : 240 MeV

K^\pm : 341 MeV

p : 425 MeV



Vertex Detectors:

2 cylindrical wire chambers
480 wires, 320 strips

24 thin plastic counters
particle separation

MWPC

2 cylindrical layers (PAVIA)

MAMBO-MAINZ - Attività 2011/2012

- ✓ **completamento runs con frozen spin target** (Butanolo e butanolo deuterato)
(polarizzazione trasversale di protoni/neutroni (deutoni))

misure di

+ fascio di fotoni pol. lin. → Osservabile H

+ fascio di fotoni pol. Circ. → Osservabile F

-) fotoproduzione mesonica (π , $\pi\pi$, η , ...)

-) Scattering Compton a basse energie (< 400 MeV)

- ✓ **commissioning nuovo sistema di tagging**

Energia elettroni fascio primario: 1.68 GeV

misura E_γ estesa da 1.50 GeV fino a 1.60 GeV

(\Rightarrow accessibili mesoni η' a_0 f_0)

- **runs fotoproduzione η' (violazione C CP)**

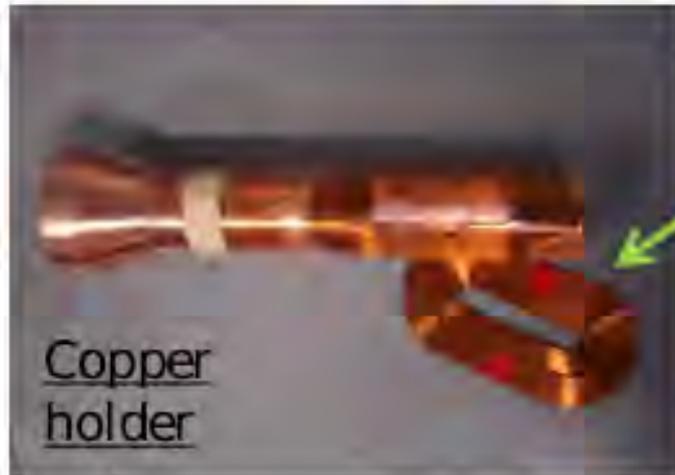
- **runs con bersaglio polarizzato longitudinalmente** (Bersaglio ^3He pol.)

(fotoproduzione mesonica; regola di somma GDH)

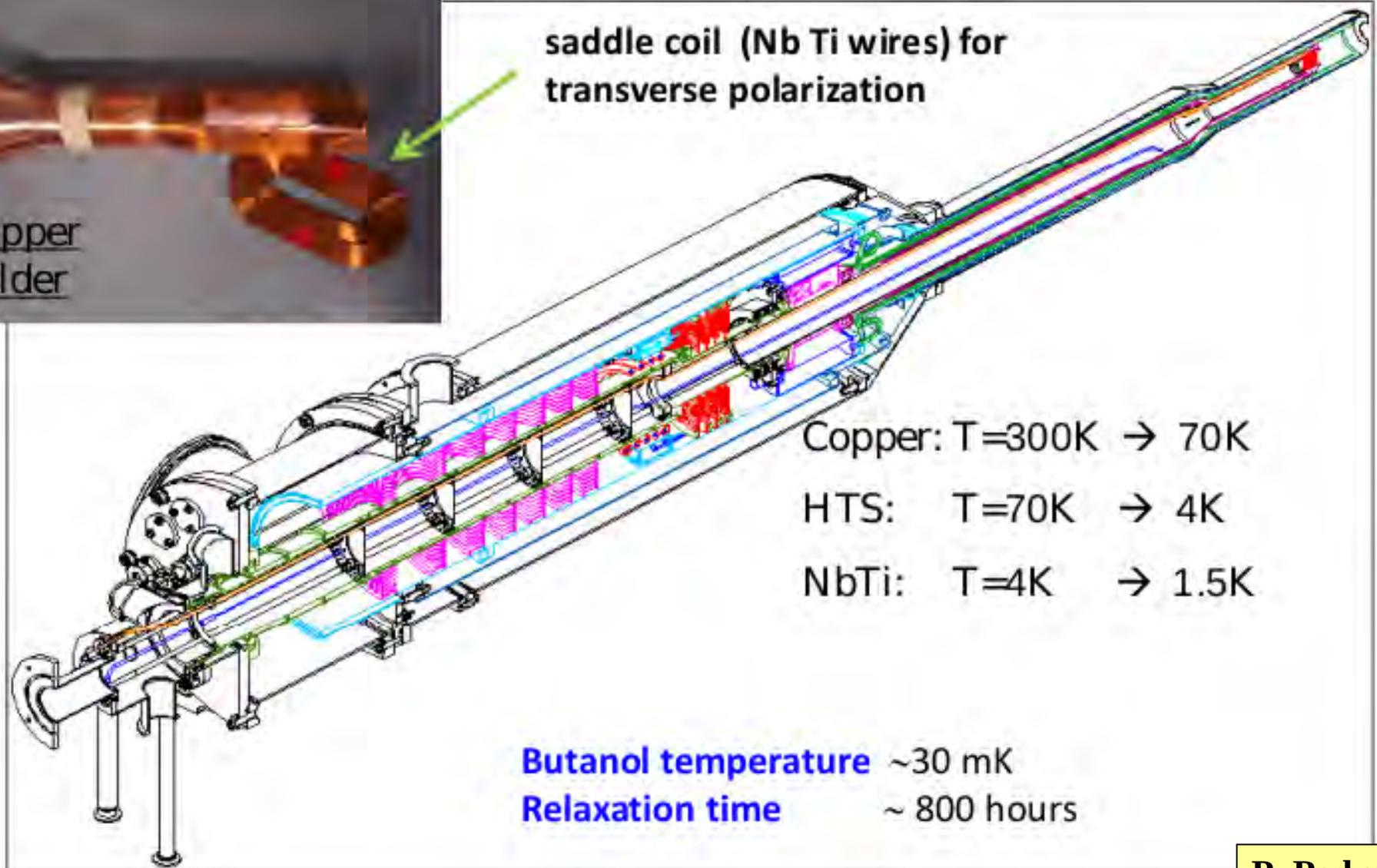
Development of a new frozen spin target

(Mainz, Dubna)

- Target Material: (deuterated) butanol
- Transverse and longitudinal proton (deuteron) Polarization



saddle coil (Nb Ti wires) for transverse polarization



Observables for $\gamma N \rightarrow N\pi$ photoproduction

Photon polarization		Target polarization	Recoil nucleon polarization	Target and Recoil polarizations
		X Y Z(beam)	X' Y' Z'	X' X' Z' Z' X Z X Z
unpolarized	σ	- T -	- P -	T_x L_x T_z L_z
linear	Σ	H (-P) G	O_x (-T) O_x	$(-L_z)$ (T_z) (L_x) $(-T_x)$
Circular	-	F - E	C_x - C_z	- - - -

1 unpolarized measurement

3 single polarization measurements

12 double polarization measurements

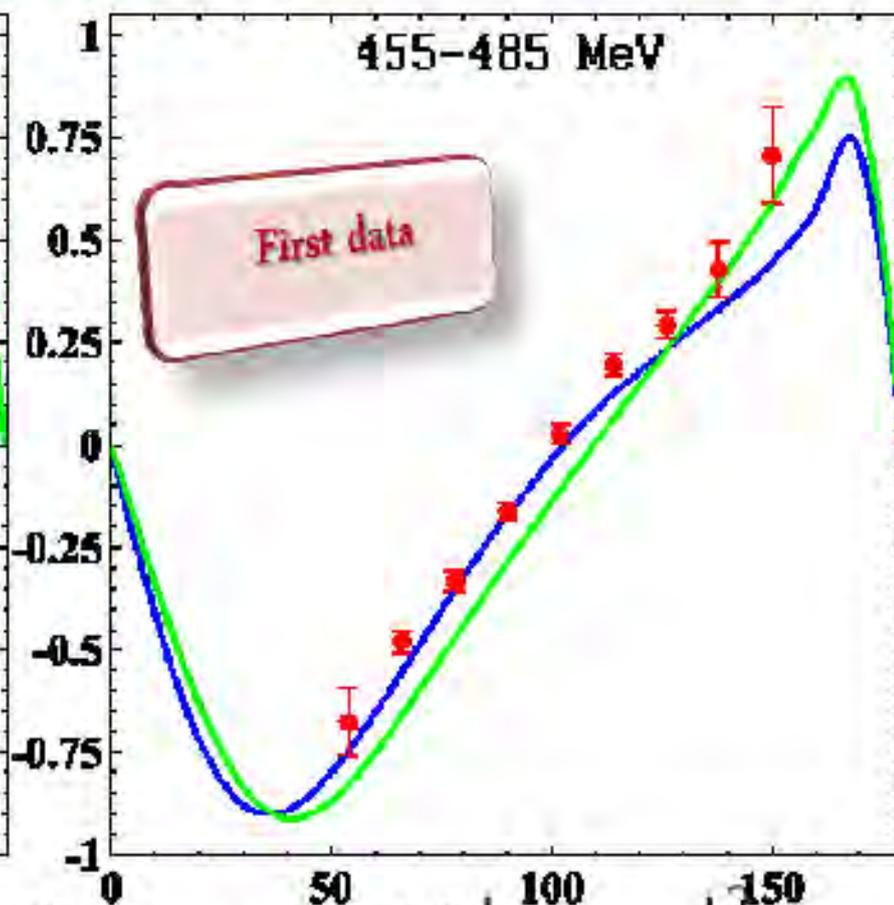
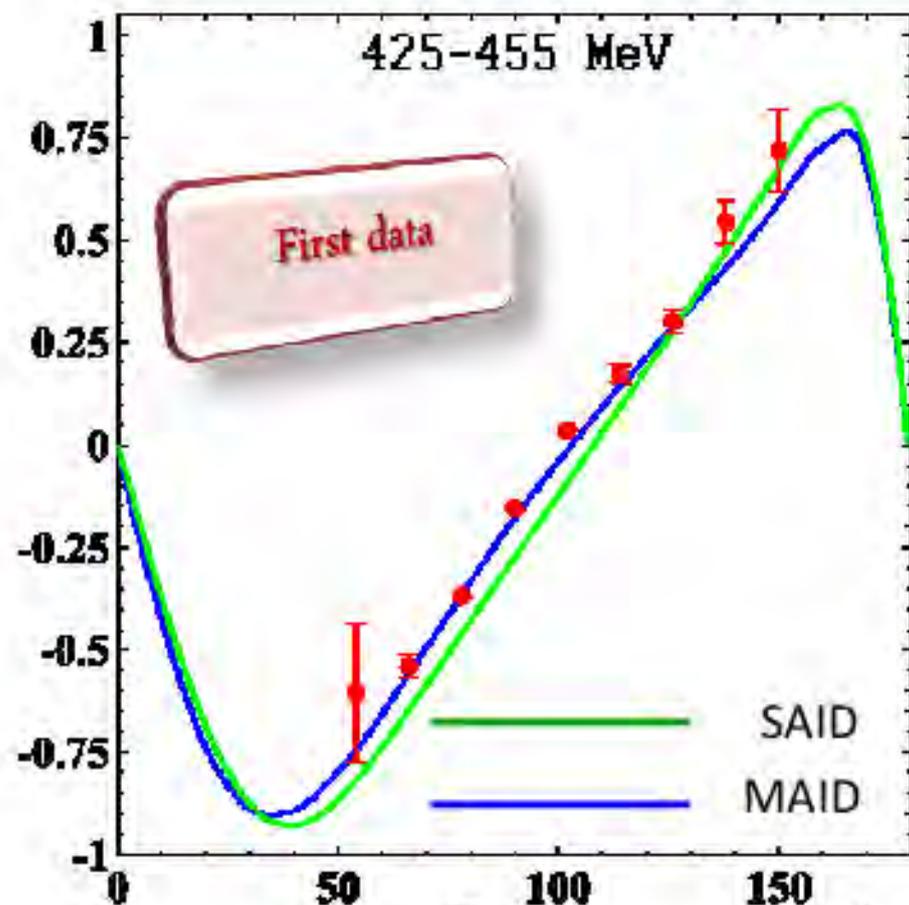
The measurement of 7 (8) (**properly chosen**) observables is necessary to **unambiguously** (in a model independent way) determine the scattering amplitudes (**"complete analysis"**)

First measurement of the F observable

- $\gamma p \rightarrow p\pi^0$ channel
- Circular polarized photon beam
 - Transverse polarized target
- Photon energy range : 420 -1020 MeV

$$\frac{d\sigma}{d\Omega}\Big|_{POLAR} = \frac{d\sigma}{d\Omega}\Big|_{UNPOL} \cdot \left[1 - p_{lin}^{\gamma} \Sigma \cos(2\varphi) - p_x^T p_{lin}^{\gamma} H \sin(2\varphi) + p_x^T p_{circ}^{\gamma} F - p_y^T T - p_x^T p_{lin}^{\gamma} P \cos(2\varphi) - p_z^T p_{lin}^{\gamma} G \sin(2\varphi) + p_z^T p_{circ}^{\gamma} E \right]$$

F Asymmetry



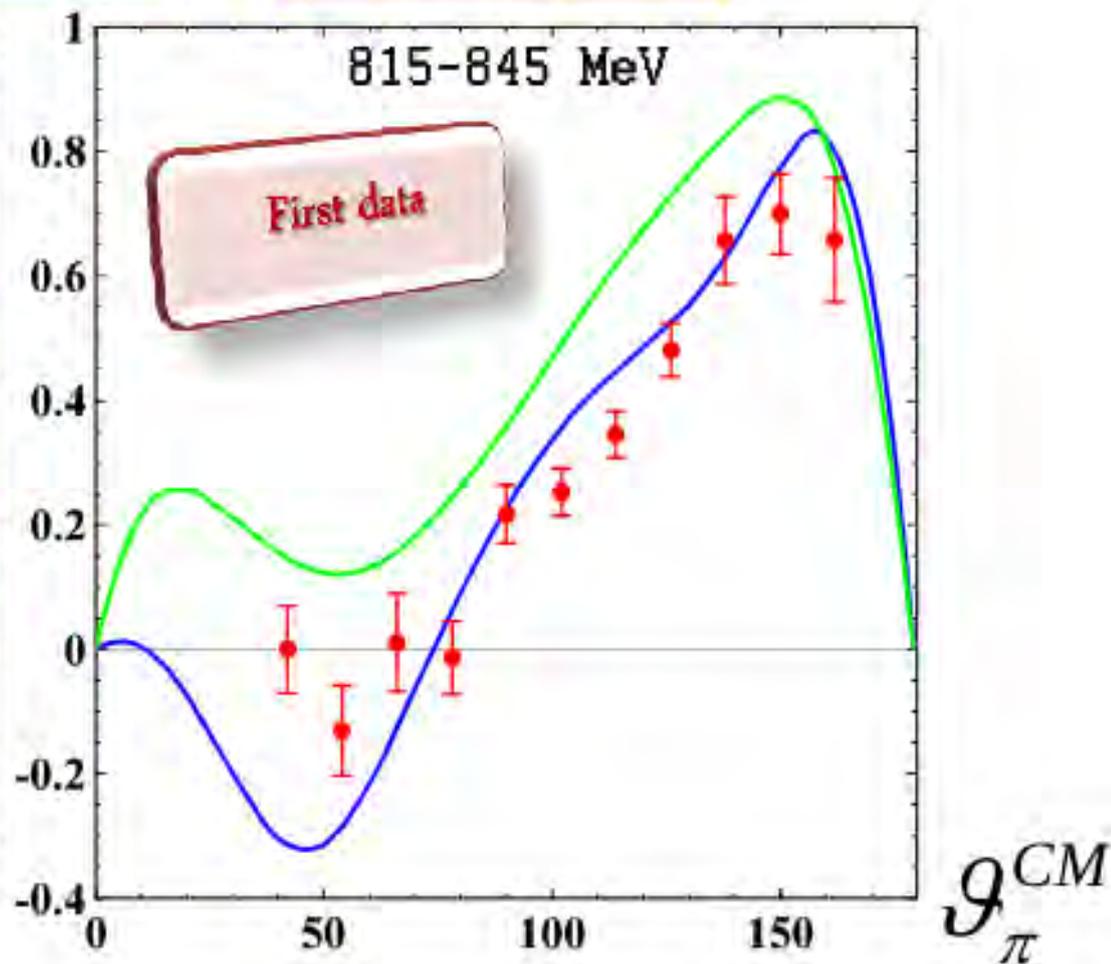
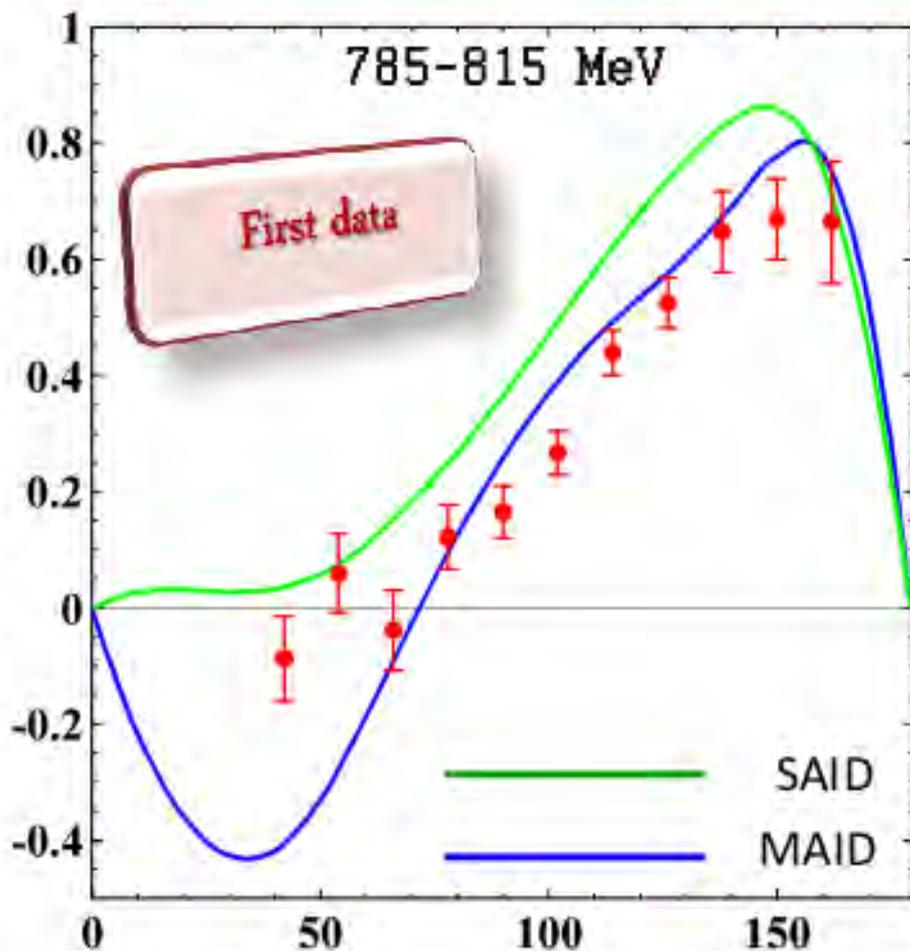
$$F \approx -\sin(\vartheta) \cos(\vartheta) |M_{1+}|^2$$

$\Delta(1232)$ strongly dominates

g_{π}^{CM}

- Very Preliminary
- ONLY statistical errors

F Asymmetry



$$F \approx -\sin(\mathcal{G}) \cos(\mathcal{G}) \left(|E_{2-}|^2 - 3|M_{2-}|^2 + E_{0+}^* (E_{2-} + M_{2-}) - 2E_{2-}^* M_{2-} \right)$$

- Very Preliminary
- **ONLY** statistical errors

Results on $\gamma\text{-}^3\text{He} \rightarrow \pi^0\text{X}$

Susanna Costanza

(INFN Pavia)

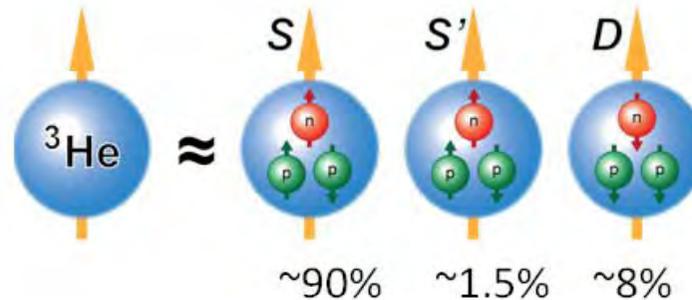


Polarised gas ^3He target

A polarised gas ^3He target has been used as a substitute for a polarised neutron target at MAMI

^3He :

System of two protons with spins paired off and an “active” unpaired neutron, in relative s states ($\sim 90\%$ probability)



The proton contribution is small $\mu \approx \mu_n$

Allows direct access to the free neutron cross section prevented by nuclear structure effects and FSI

High pressure gas ^3He targets are powerful tools to study the GDH sum rule on the neutron

The GDH sum rule

- Proposed by Gerasimov – Drell – Hearn in 1966
- Fundamental connection between the ground state properties of a particle and a moment of the entire excitation spectrum
- Gives a prediction on the absorption of circularly polarised photons by longitudinally polarised nucleons/nuclei:

Anomalous magnetic moment

$$I_{GDH} = \int_{\nu_{th}}^{\infty} \frac{\sigma_p - \sigma_a}{\nu} d\nu = 4\pi^2 \kappa^2 \frac{e^2}{M^2} S$$

Spin
Mass

Photon spin Baryon spin

$\sigma_{1/2} = \sigma_a$

$\sigma_{3/2} = \sigma_p$

Photon energy
 $\nu_{th} = \pi$ production threshold (nucleons)
 photodisintegration threshold (nuclei)

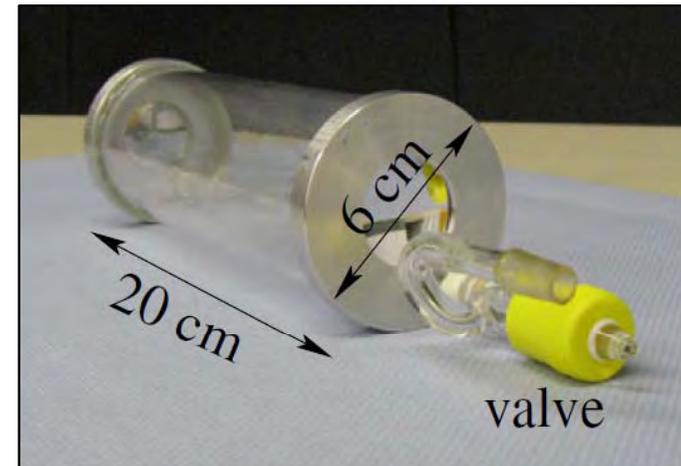
It allows to:

A measurement of the GDH integrand represents a fundamental test of our knowledge of both the photon and the nucleon (nucleus)

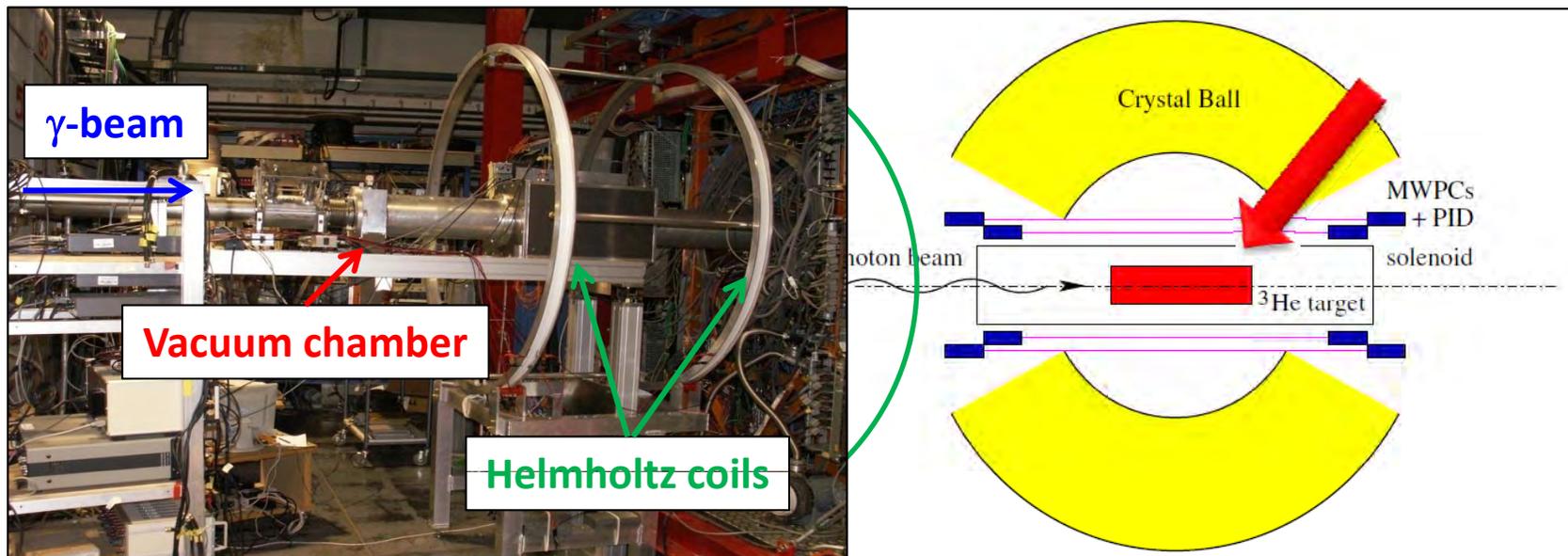
- test photoreaction models

^3He target

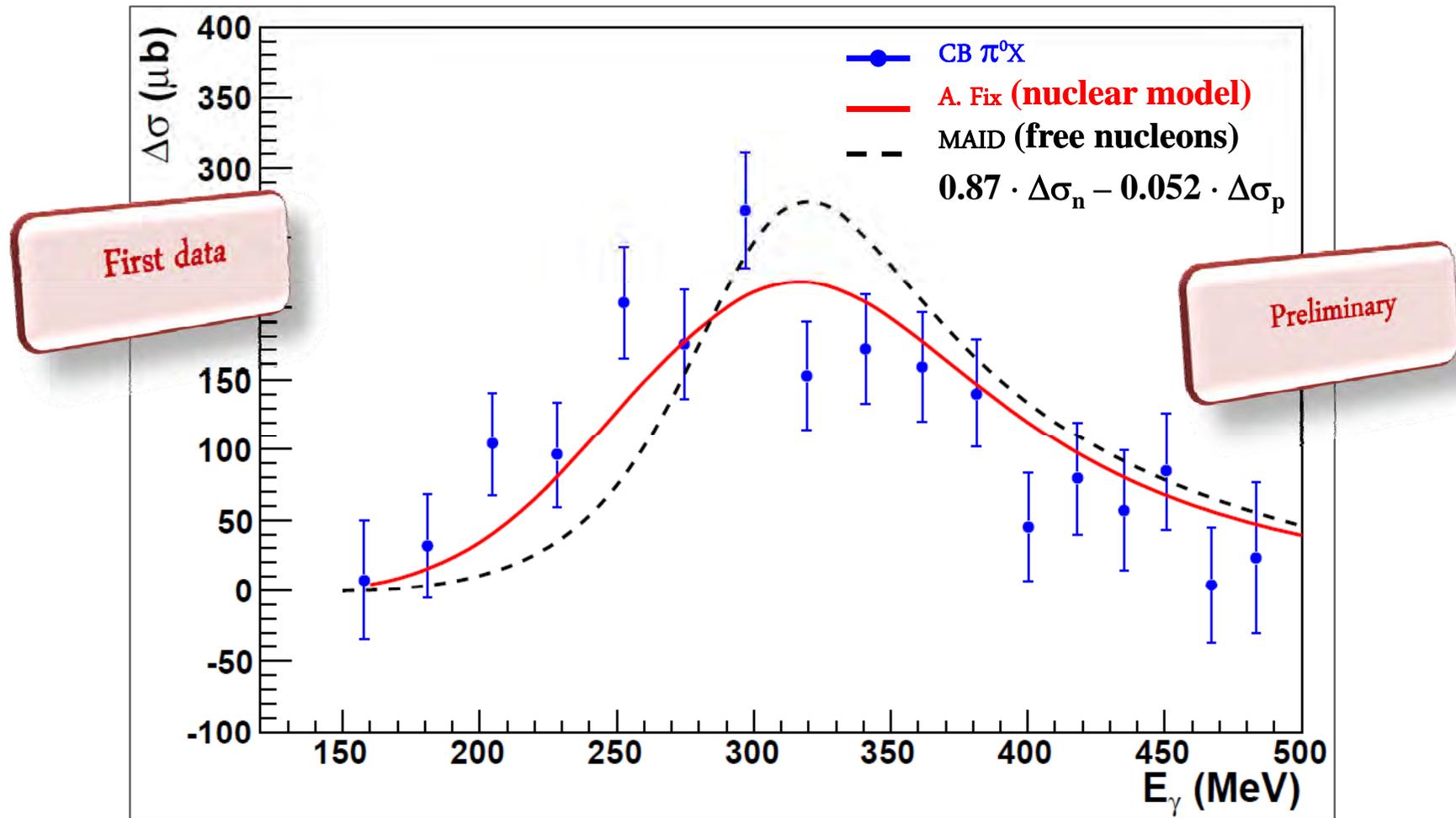
- Cylindrical cell:
 - Length: 20 cm
 - diameter: 6 cm
- Made of quartz glass (thickness: 2 mm)
- Titanium enter and exit windows (50 μm)
 - provide the necessary gas tightness (4 bar)
 - give long relaxation time (~ 20 hrs) of the gas polarisation
- ^3He polarisation measurements carried out via NMR technique; field provided by Helmholtz coils



Developed by P.I. Mainz

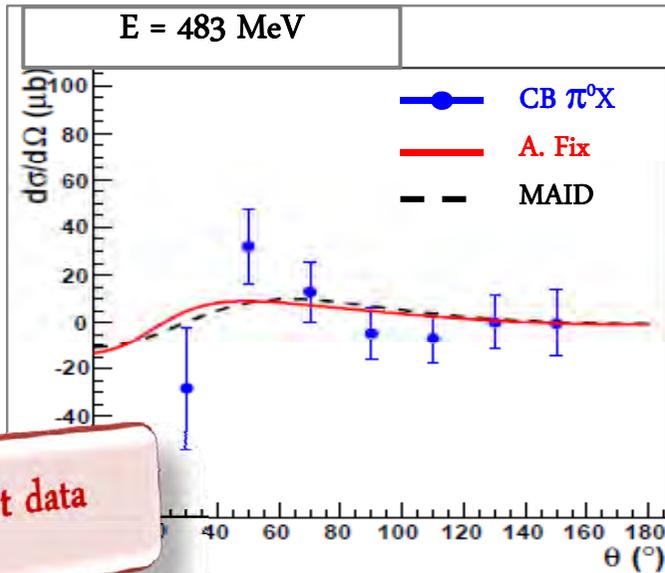


Total polarised cross section

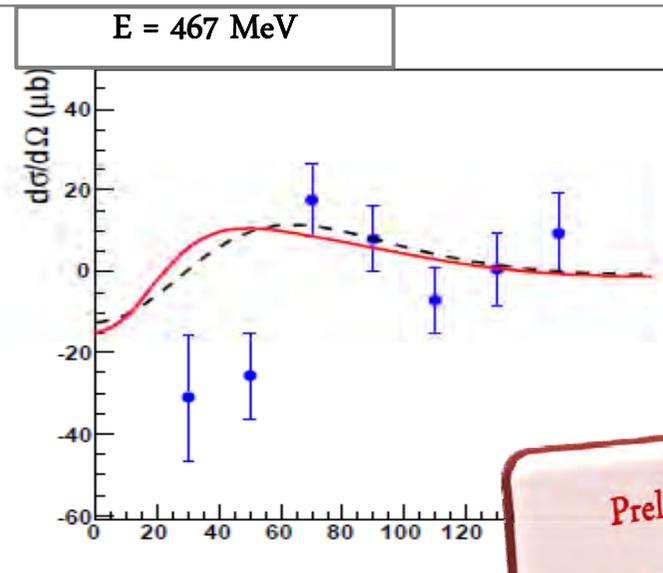


Nuclear structure contribution (FSI, ...)
less important than for the unpolarised case

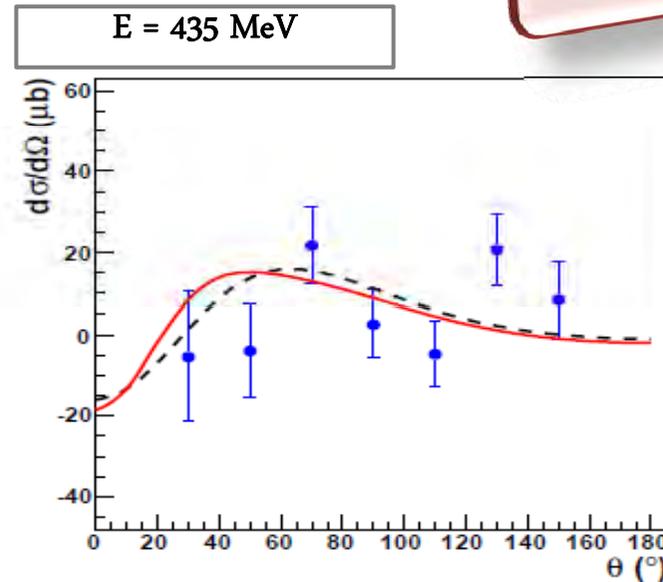
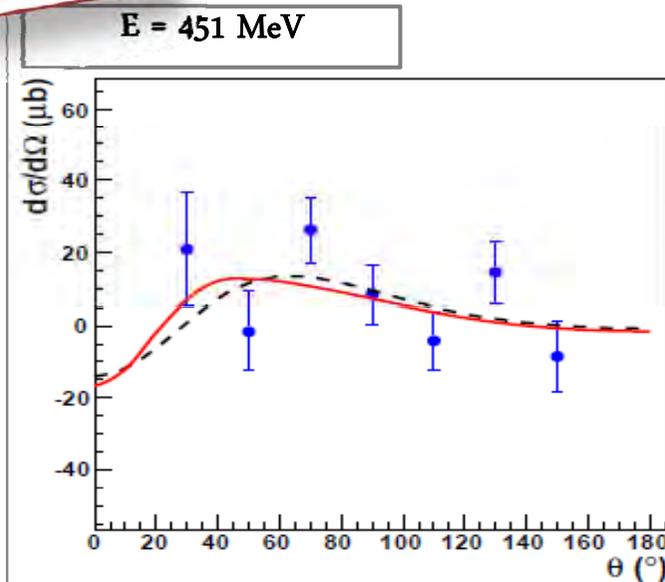
Differential polarised cross section



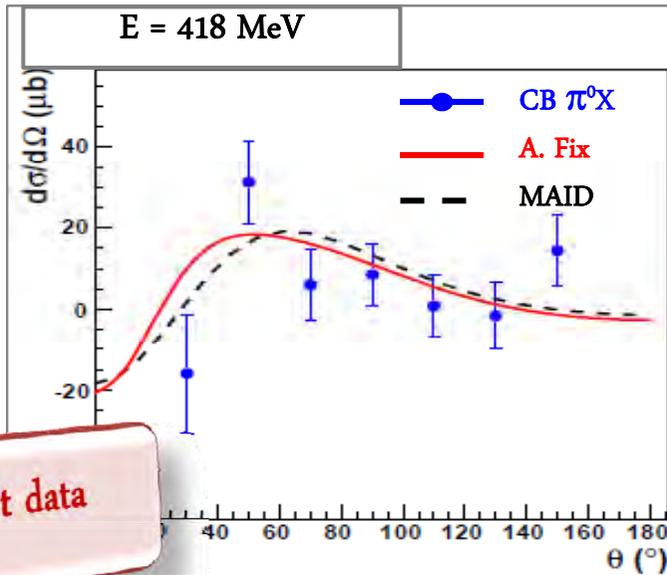
First data



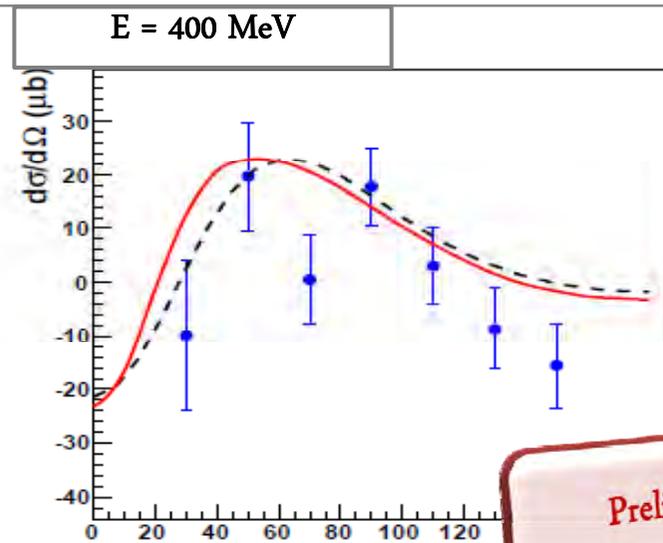
Preliminary



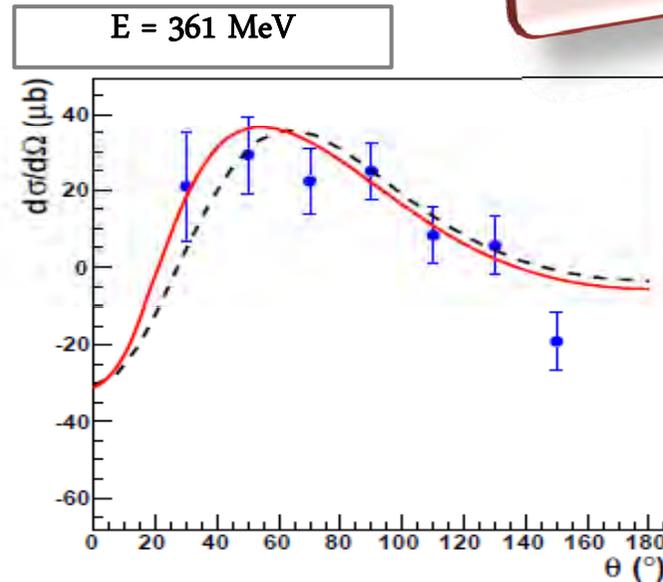
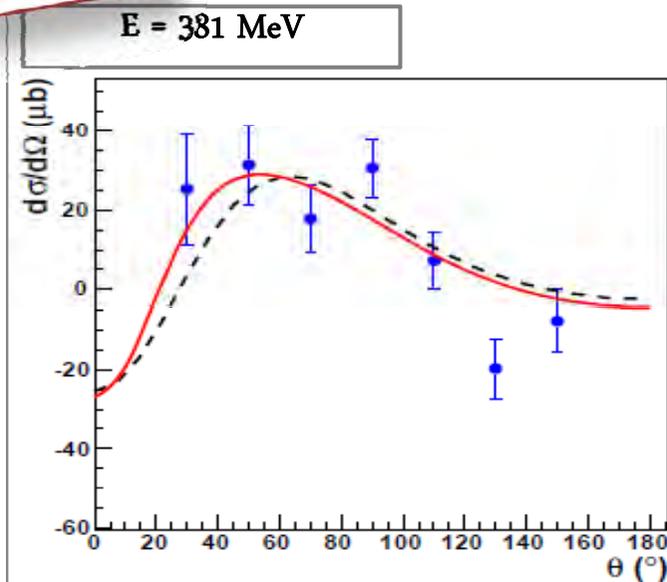
Differential polarised cross section ••



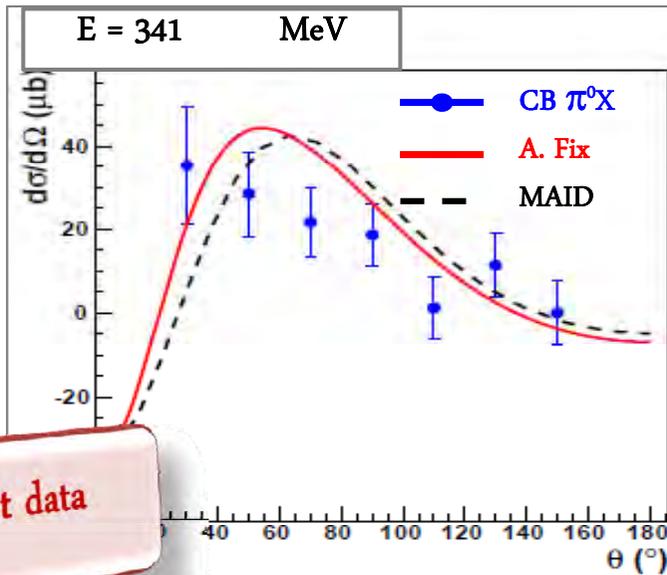
First data



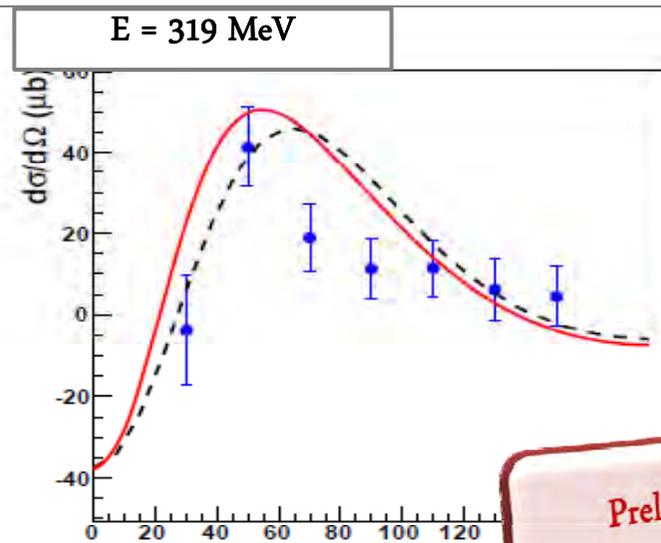
Preliminary



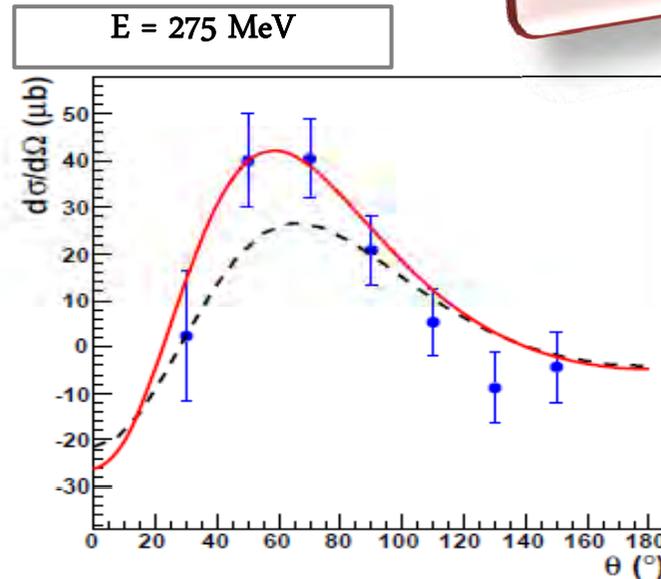
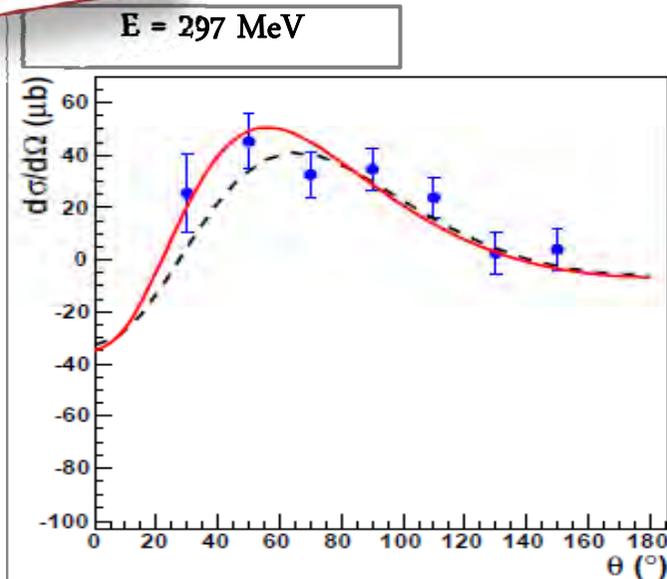
Differential polarised cross section ...



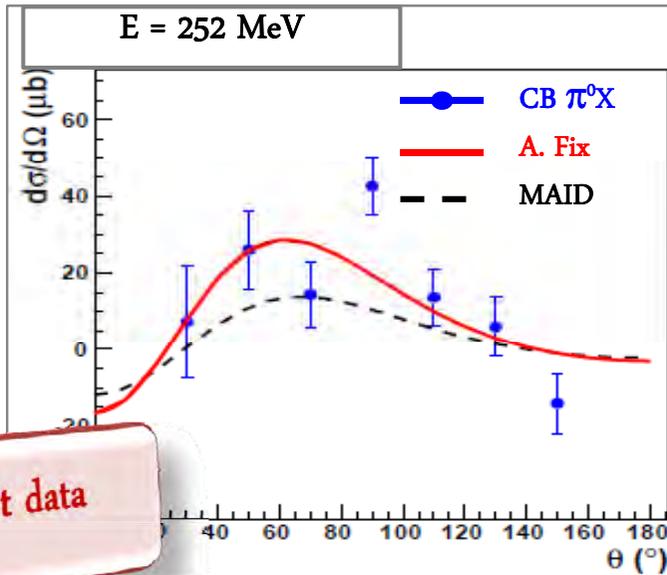
First data



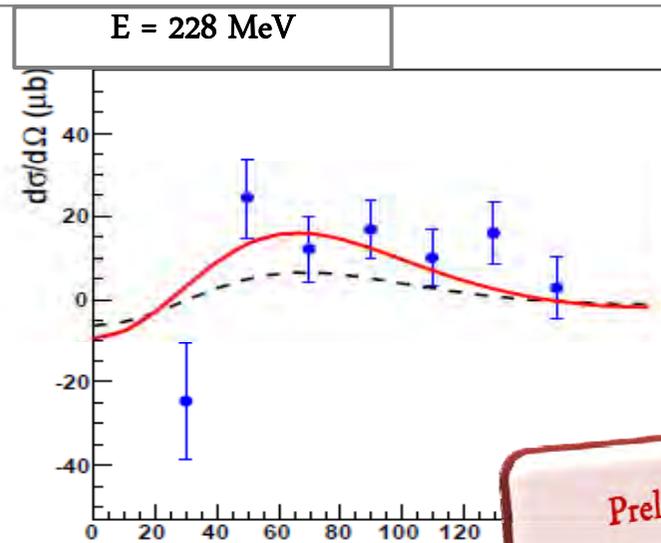
Preliminary



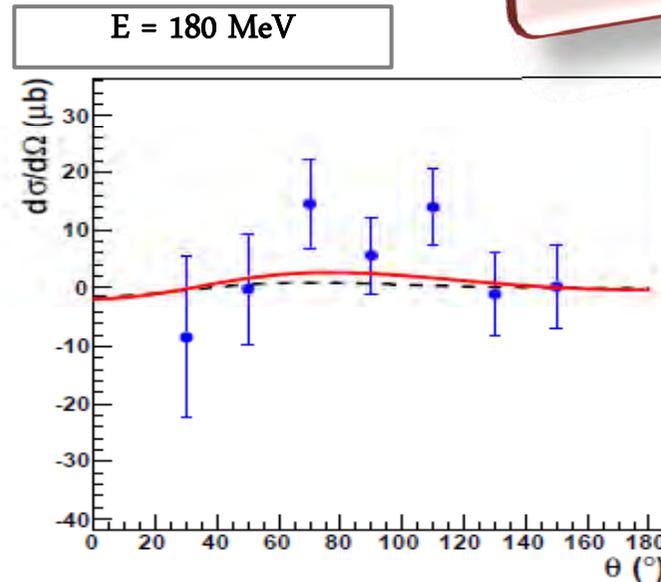
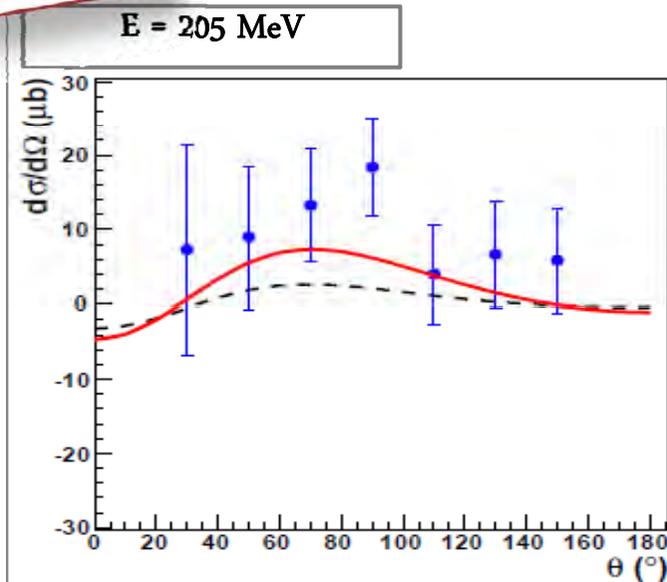
Differential polarised cross section •••



First data



Preliminary



MILESTONES 2012

- 30-06 Commissioning del rivelatore di BGO → 100%
- 30-06 Installazione del bersaglio in sala e test → 100%
- 31-12 Fine test elettronica di acquisizione delle nuove MWPC per Bonn
- 31-12 Presa dati preliminare BGO-OD
- 31-12 Sottomissione primo articolo con i risultati delle misure con bersaglio di ^3He polarizzato longitudinalmente (CTT)

MILESTONES 2011

- BGO: completamento installazione, cablaggio, test elettronica → 100%
- Bersaglio: assemblaggio del sistema in laboratorio → 100%
- MRPC: test funzionamento su fascio → 100%
- Preparazione set-up per presa dati con bersaglio polarizzato longitudinalmente a Mainz → 100%
- Fine test in laboratorio della prima camera a fili per Bonn → 50% a giugno
- Primi test sotto fascio a Bonn di una delle camere a fili
- Realizzazione e test primi prototipi dell'MRPC → 50% a giugno

CONCLUSIONI

BONN

BGO: Installata e testata, commissioning 27Feb.-5 Marzo

Barrel: Installato e testato, da implementare l'acquisizione

MWPC: costruzione quasi terminata, test ad aprile

MRPC: terminato il design, primi test a Bonn positivi, test alla BTF dal 15 aprile

Bersaglio: Upgrade terminato, modificato, installato e testato, commissioning 27Feb.-5 Marzo

Simulazione: Implementazione della geometria e generatore degli eventi terminati. In corso il tracciamento

MAINZ

Attività di presa dati e analisi in corso

Completamento prese dati con bersagli di protoni (butanolo) e deuterio (butanolo deuterato) polarizzati trasversalmente e con fascio di fotoni linearmente polarizzato

In corso prese dati con bersagli di protoni e deuterio polarizzati trasversalmente e con fascio di fotoni polarizzato circolarmente per l'estrazione della variabile in doppia polarizzazione "F", mai misurata in precedenza, e sulla variabile in singola polarizzazione "T" per cui fino ad ora esistevano solo pochi dati in un limitato range angolare ed energetico.